

Maija Sarvala ja Jouko Sarvala (toim.)

Miten voit, Selkämeri?

Miten voit, Selkämeri?



Julkaisua on saatavana sähköisessä muodossa osoitteessa:
www.ymparisto.fi/los > palvelut, tuotteet ja lomakkeet > julkaisut

Viittausohje

Viitattaessa koko julkaisuun:

Sarvala, M. & Sarvala, J. (toim.) 2005: Miten voit, Selkämeri? Ympäristön tila Lounais-Suomessa 4. Lounais-Suomen ympäristökeskus. Turku. 144 s.

Viitattaessa artikkeliin tai tietolaatikkoon:

Kirjoittaja, N. 2005. Artikkelin tai tietolaatikon otsikko. Teoksessa: Sarvala, M. & Sarvala, J. (toim.) Miten voit, Selkämeri? Ympäristön tila Lounais-Suomessa 4. Lounais-Suomen ympäristökeskus. Turku. S. xx–xx.

Kartat ja graafiset kuvat: Kaija Joki-Sipilä ja Leena Korte

Kartta-aineisto: © Maanmittauslaitos, lupa nro 7/MYY/05

Valokuvat: © Harri Helminen, Seppo Keränen, Pirjo Koski-Hyvärinen, Aarno Kotilainen, Ari O. Laine, Hannu Lehtonen, Juha Manninen, Pasi Rytkönen, Jouko Sarvala, Ilmo Suikkanen, Raimo Sundelin ja Ilppo Vuorinen

Etukannen kuva: Santkarin pooki, © Lentokuva Vallas Oy

Takakannen kuvat ylhäältä alkaen: © Raimo Sundelin, Rauman satama, Seppo Keränen, Ilmo Suikkanen ja Raimo Sundelin

Taitto: AboGrafii | Mikael Syrjä

Kirjapaino: Satakunnan Painotuote Oy, Kokemäki 2005

ISBN 951-614-052-1

ISBN 951-614-053-X [PDF]

ISSN 1456-1778

Maija Sarvala ja Jouko Sarvala (toim.)

Miten voit, Selkämeri?

Merialueen tila Satakunnan ja Vakka-Suomen rannikolla

TURKU 2005

Sisällys

	Selkämeri on meidän meri <i>Pekka Turunen</i>	8
	Tavoitteita, tietoa. Tekoja? <i>Juhani Korpinen</i>	9
1	Uudenkaupungin edustalta Merikarvialle <i>Teija Kirkkala ja Reijo Oravainen</i>	10
2	Selkämeren pohjan sedimentit: kerrostumishistoria ja sedimentaatiodynamiikka <i>Aarno Kotilainen ja Tuula Kohonen</i>	14
3	Selkämeri Itämeren osana <i>Jari Vehviläinen</i>	20
4	Satelliittikartoitus vedenlaadun tulkkina <i>Sampsa Koponen</i>	26
5	Uudenkaupungin ja Pyhämaan edustan merialue <i>Teija Kirkkala ja Hanna Turkki</i>	32
6	Rauman ja Eurajoen edustan merialue <i>Teija Kirkkala ja Hanna Turkki</i>	48
7	Luvian, Porin ja Merikarvian edustan merialue <i>Reijo Oravainen</i>	66
8	Veden laadun kehitys Selkämeren rannikkoalueella <i>Harri Helminen</i>	88
9	Pintavesien käyttökelpoisuusluokitus Selkämeren alueella 2000–2003 <i>Janne Suomela ja Kauko Häkkilä</i>	90
10	Rihmalevät – merenpohjan ongelmavyöhyt <i>Johanna Mattila</i>	92
11	Ulapan pohjaeläimistö <i>Ari O. Laine</i>	98
12	Selkämeren kalat <i>Hannu Lehtonen</i>	102
13	Rannikkoluonnon monet kasvot <i>Juha Manninen</i>	108
14	Merikuljetusten öljy- ja kemikaaliriskit Selkämerellä <i>Anita Mäkinen</i>	116
15	Likaantuneet sedimentit satama- ja väyläruoppauksissa <i>Tuula Kohonen ja Aarno Kotilainen</i>	124
16	Vesipuitedirektiivi uudistaa vesien seurannan ja velvoitetarkkailun <i>Harri Helminen</i>	128
17	Millaiseksi muutut, Selkämeri? <i>Juha Hyvärinen</i>	130
	Kirjoittajat	136
	Termien selityksiä	137
	Liite: Selkämeren eteläosaan laskevien jokien vedenlaatutaulukot <i>Lounais-Suomen vesiensuojeluyhdistys ry. ja Kokemäenjoen vesiensuojeluyhdistys ry.</i>	
	Kuvailulehdet	

Tietolaatikat

Näin tuotettiin Miten voit, Selkämeri? -julkaisu <i>Juha Hyvärinen, Anne Erkkilä ja Anne Savola</i>	7
Saaristomeren kautta Selkämerelle kulkeutuvat vedet <i>Harri Helminen ja Teija Kirkkala</i>	25
Rehevöityminen ja sisäinen kuormitus <i>Teija Kirkkala ja Tuula Kohonen</i>	28
Vesistötarkkailut <i>Teija Kirkkala</i>	30
Uudenkaupungin makeavesiallas <i>Hanna Turkki ja Teija Kirkkala</i>	35
Jätekipsikuormitus kuriin <i>Peter Westerholm ja Harri Helminen</i>	43
Päällysväätutkimukset <i>Hanna Turkki ja Teija Kirkkala</i>	47
Yhdyskunnan ja metsäteollisuuden jätevesien yhteispuhdistus vesiensuojelutoimenpiteenä <i>Seija Vaska</i>	54
Typen poiston vaikutus sinilevätilanteeseen Rauman jätevesien purkualueella <i>Teija Kirkkala ja Harri Helminen</i>	57
Ydinvoimalaitoksen päästöt minimiin <i>Olli Taivainen</i>	62
Haitta-ainekuormitus <i>Tuula Kohonen ja Aarno Kotilainen</i>	70
Tuloksekasta vesiensuojelua kemianteollisuudessa <i>Pekka Lammi</i>	78
Näin tutkitaan pohjaeläimiä <i>Hanna Turkki ja Teija Kirkkala</i>	84
Vesikasvillisuus kertoo meren tilasta <i>Veijo Kinnunen ja Panu Oulasvirta</i>	96
Ulomman rannikkovyöhykkeen pohjaeläimet <i>Jouko Sarvala, Harri Helminen ja Vesa Saarikari</i>	101
Kalastus Selkämerellä muuttuu – hylkeet uutena ongelmana <i>Seppo Salonen</i>	106
Kansallispuisto Selkämerelle <i>Juhani Korpinen</i>	114
Merikuljetussopimukset <i>Turun yliopiston merenkulkualan koulutus- ja tutkimuskeskus, Porin yksikkö</i>	118
Hylkyjen öljytankeissa voi tikittää aikapommi <i>Anita Mäkinen</i>	121
Liisteriä kalaverkkoihin? <i>Juha Hyvärinen</i>	135



Talvinen ranta. Kallo, Pori. Kuva: Juha Manninen

Näin tuotettiin Miten voit, Selkämeri? -julkaisu

Juha Hyvärinen, Anne Erkkilä ja Anne Savola

Kun Satakunnan vesistöjen parantamisohjelma SATAVESI käynnistyi vuonna 2002, esiin nousi tarve laatia julkaisu Satakunnan merialueen ominaispiirteistä ja vesien tilasta. Aluetta koskevat tiedot ovat olleet hajallaan eri lähteissä, mikä vaikeuttaa niiden hyödyntämistä vesiensuojelun suunnittelussa. SATAVESI-ohjelman teollisuus- ja liikennetyöryhmä katsoikin välttämättömäksi koota olemassa olevat tiedot yhteen, jotta vesiensuojelutoimia kyettäisiin suunnittelemaan ja kohdentamaan mahdollisimman tehokkaasti pitkällä tähtäyksellä.

Miten voit, Selkämeri? -julkaisussa käsitellään Selkämeren Suomen-puoleista aluetta Saaristomeren pohjois-reunalta Merikarvian pohjoisrajalle. Varsinais-Suomen puolelta julkaisuun sisällytettiin Uudenkaupungin merialue, koska se on maantieteellisesti osa Selkämeren rannikkoa. Selkämeren Suomen-puoleisella rannikkoalueella virtaukset kulkevat etelästä pohjoiseen Itämeren pintavesien kierto liikkeen mukaisesti. Siten Saaristomereltä ja kaakkoiselta Selkämereltä pohjoiseen virtaavat vedet vaikuttavat olennaisesti Satakunnan merialueen tilaan.

Julkaisu on tarkoitettu Selkämeren vesiensuojelun kehittämisen työvälineeksi. Lisäksi sen toivotaan lisäävän yleistä tietoutta Satakunnan rannikkoalueen erityispiirteistä ja vetovoimatekijöistä sekä alueella jo toteutetusta vesiensuojelutyöstä, muun muassa teollisuuden innovaatioista. Julkaisu soveltuukin päätöksenteon, opetuksen ja yhdistystoiminnan taustatiedoksi sekä yksityisen kansalaisen tietolähteeksi.

Miten voit, Selkämeri? -julkaisu tuotettiin hankkeena, johon osallistui lukuisia Selkämeren alueen toimijoita. Rauman kaupunki oli hankkeen vastuutaho. Muita osapuolia olivat Porin kaupunki, Lounais-Suomen ympäristökeskus, Kemira Pigments Oy (Pori), Teollisuuden Voima Oy (Olkiluoto), Rauman metsäteollisuus (UPM-Kymmene Oyj Rauma ja Oy Metsä-Botnia Ab Rauma), Uusikaupunki (Uudenkaupungin Vesi) ja Kemira GrowHow Oyj Uudestakaupungista. Turun yliopiston Merenkulkualan koulutus- ja tutkimuskeskuksen (MKK) Porin yksikkö koordinoi hanketta ja sen etenemistä käytännössä. Julkaisun kirjoittajiksi saatiin edustava joukko Selkämeren tutkijoita sekä vesiensuojelun ja merialan asiantuntijoita.

Hanke käynnistyi keväällä 2004. Satakuntaliitto ja Lounais-Suomen ympäristökeskus olivat mukana hanketyössä ja avustivat hanketta Euroopan aluekehitysrahaston varoista. Hankkeen osapuolina olleet teollisuuslaitokset ja kaupungit vastasivat hankkeen omarahoituksesta.

Hankkeen ohjausryhmän kokoonpano oli seuraava:

Juhani Korpinen, ympäristötoimenjohtaja, Rauman kaupunki, puheenjohtaja
Juha Hyvärinen, ympäristönsuojelupäällikkö, Rauman kaupunki, varapuheenjohtaja
Harri Helminen, erikoistutkija, Lounais-Suomen ympäristökeskus
Pekka Lammi, ympäristöjohtaja, Kemira Pigments Oy
Seppo Salonen, ympäristösuunnittelija, Porin kaupunki
Anne Savola, ympäristösuunnittelija, Satakuntaliitto
Olli Taivainen, asiantuntija, Teollisuuden Voima Oy
Ilpo Valtonen, vesihuoltopäällikkö, Uusikaupunki, Uudenkaupungin Vesi
Teuvo Mäkitalo, sellunvalmistusprosessin omistaja, Oy Metsä-Botnia Ab
Leena Salminen, viestintävastaava, Oy Metsä-Botnia Ab
Seija Votka, ympäristöpäällikkö, UPM-Kymmene Oyj
Peter Westerholm, ympäristönsuojelupäällikkö, Kemira GrowHow Oyj
Anne Erkkilä, yksikön päällikkö, Turun yliopisto MKK Porin yksikkö, sihteeri
Minna Alhosalo, tutkija, Turun yliopisto MKK Porin yksikkö, varalla sihteeri

Julkaisun toimituskuntaan kuuluivat:

Juha Hyvärinen, ympäristönsuojelupäällikkö, Rauman kaupunki, puheenjohtaja
Harri Helminen, erikoistutkija, Lounais-Suomen ympäristökeskus
Merja Haliseva-Soila, viestintäpäällikkö, Lounais-Suomen ympäristökeskus
Maarit Perkonoja, tiedottaja, Lounais-Suomen ympäristökeskus
Anne Savola, ympäristösuunnittelija, Satakuntaliitto, hankkeen yhteyshenkilö
Seija Votka, ympäristöpäällikkö, UPM-Kymmene Oyj
Anne Erkkilä, yksikön päällikkö, Turun yliopisto, MKK Porin yksikkö, sihteeri

Selkämeri on meidän meri

Suomen länsirannikolla sijaitseva Satakunta on luonto- ja kulttuuriympäristöltään monimuotoinen maakunta. Sijainti Selkämeren rannikolla on Kokemäenjoen ohella keskeisesti vaikuttanut Satakunnan kehitykseen, ja näille alueille sijoittuvatkin maakunnan suurimmat väestö- ja työpaikkakeskittymät. Meri ja merenrannikko ovat myös tärkeitä vapaa-ajanvietoalueita. Rannikolla sijaitsee esimerkiksi maakunnan loma-asutuksen selkeä painopiste. Myös alueen matkailullinen merkitys on kasvanut viime aikoina, ja matkailun kehittämiseen panostetaan laajalti. Meri ja Kokemäenjoki ovatkin edelleen maakunnan vahvuustekijöiden perusta, ja tähän perustaan vaikuttaa myös merialueen vedenlaatu.

Suomenlahden ja Saaristomeren rehevöityminen on tiedostettu laajalti valtakunnan tasolla. Vesialueiden rehevöitymiskehitys on kuitenkin ajankohtainen ongelma myös Selkämerellä, vaikka ravinnepitoisuudet ja tuotantotaso ovat selvästi alhaisemmat kuin Suomenlahdella ja Saaristomerellä. Rehevöityminen heikentää monin tavoin merialueen käytettävyyttä vaikuttaen epäedullisesti muun muassa alueen virkistys- ja matkailukäyttöön. Myös Selkämeren tilasta on syytä olla huolissaan.

Satakunnassa käynnistettiin vuonna 2002 Satakuntaliiton, Lounais-Suomen ympäristökeskuksen ja Satakunnan TE-keskuksen toimesta Satakunnan vesistöjen parantamisohjelma SATAVESI. Ohjelman puitteissa on tavoitteena tehdä laajaa ja koordinoitua yhteistyötä Satakunnan vesien tilan parantamiseksi, mistä tämän julkaisun tuottaminen yhdessä eri tahojen kanssa yli maakuntarajojen on erinomainen esimerkki.

Selkämeren tilan kehityksen kannalta on olennaista huomata, että pelkästään Satakunnan alueella tehtävä työ ei ratkaise Selkämeren vedenlaadun tulevaa kehitystä. Yhteistyötä tarvitaan yli hallinnollisten rajojen, kuten tässäkin hankkeessa on tehty Varsinais-Suomessa sijaitsevan Uudenkaupungin kanssa. Lisäksi Selkämeren tilan seurantaan, tutkimiseen ja vesiensuojelutoimiin on tarpeen ohjata voimavaroja myös valtakunnallisesti.

On erinomainen asia, että tieto Selkämeren tilasta Satakunnan ja Vakka-Suomen rannikon edustalla on saatu koottua yksiin kansiin. Tästä on hyvä jatkaa työtä koko Selkämeren eteen.

Pekka Turunen
maakuntajohtaja
Satakuntaliitto

Tavoitteita, tietoa. Tekoja?

Selkämeri on Suomen rannikkovesien tutkimuksessa ja tilan seurannassa jäänyt Suomenlahden ja Saaristomeren varjoon. Perustelut ovat selvät. Resurssit on kohdennettu alueille, joilla vesiensuojeluongelmat ovat suurimmat. Suomenlahden ja Saaristomeren äärellä on meren ongelmia havaitsemassa suuri joukko silmäpareja, ja sitä kautta paine ponnisteluihin juuri noilla alueilla on lisääntynyt. Myös kansainvälinen Itämeri-yhteistyö on suunnannut suuren yleisön ja päättäjien huomiota kohti Suomenlahtea ja Saaristomerta.

Satakuntalaisina meillä on onni asua verraten hyväkuntoisen Selkämeren äärellä. Tämän onnen tunteen ei pidä johtaa harhaan. Vesiensuojelun paikallisista saavutuksista huolimatta huoli Selkämeren tulevaisuudesta on aiheellinen.

Miten voit, Selkämeri? -selvityksen nimi on leppoisan oloinen, aivan kuin työ olisi jutustelua Selkämeren kanssa. Selvityksellä on kuitenkin paljon vakavampi tarkoitus: Selkämeren tilaan vaikuttavat toimenpiteet on voitava mitoittaa ja suunnata tehokkaasti siten, että meri on edelleen onnen eikä harmin paikka.

Julkaisun nimi voi kääntyä myös kysymykseksi ”Kuinka saatat, Selkämeri?” Kysymyksellä on tuolloin luontoa syyllistävä kaiku. On totta, että merialueen tila muuttuu myös ihmistoiminnoista riippumatta. Ihmiselle ja ihmisen tärkeäksi katsomille toiminnoille lankeaa tuolta osin sopeutujan rooli. Myös sopeutuminen edellyttää tietoa.

Selkämeri-selvitys on eri tahojen yhteisponnistelujen tulos. Lukuisten toimijoiden mukanaolo ja työn rahoituksen säännöstö sai aikaan monilokeroisen, paljon pyörittämisenenergiaa edellyttäneen projektiorganisaation. Haasteena on ollut kohdistaa työn painopiste hallinnon sijaan julkaisun sisältöön, asioihin. Kirjoittajien ja toimituskunnan asiantuntemus on tämän tavoitteen kannalta ollut tärkeä voimavara.

Selkämeren tilaa koskeva raportti ei saa jäädä saavutetuksi tavoitteeksi. Tutkimuksen ja tiedottamisen tulee tehostua. Uusia, vaikkapa ihmisen terveyteen vaikuttavia ja ilmaston lämpenemiseen liittyviä teema-aiheita riittää. Odotan julkaisun olevan myös pohja runsaalle tiedottamiselle, joka ohjaa kansalaisia seuraamaan tulevien vuosien informaatiota Selkämerestä ja sijoittamaan uudet palaset nyt julkaistun kirjan tarjoamaan kokonaiskäsitykseen.

Juhani Korpinen
ohjausryhmän puheenjohtaja

Uudenkaupungin edustalta

Merikarvialle

Teija Kirkkala ja Reijo Oravainen

Selkämereksi nimitetään Pohjanlahden eteläosaa, joka käsittää Ahvenanmaan pohjoispuolisen alueen Merenkurkkuun saakka. Selkämeren pinta-ala on noin viidennes koko Itämeren alasta. Varsinaisen Itämeren ja Pohjanlahden välissä on Salpausselkien vedenalaisten jatkeiden muodostama kynnys, joten Itämeren pääaltaasta pääsee Selkämereen enimmäkseen vain pintavettä. Veden suolapitoisuus on Selkämeren eteläosissa noin kuusi ja pohjoisosissa noin viisi promillea. Vesi on kerrostunutta, mutta ei niin selväpiirteisesti ja pysyvästi kuin varsinaisella Itämerellä ja Suomenlahdella. Syksyllä ja talvisin Selkämeren vesimassat sekoittuvat tehokkaasti, eikä hapettomia syvänealueita pääse muodostumaan. Myös ravinnekuormitus on pienempi kuin Itämeren muissa osissa.

Tässä julkaisussa käsitellään Selkämeren Suomen-puoleista rannikkoaluetta Uudestakaupungista Merikarvialle (kuva 1). Uudenkaupungin, Rauman ja Porin merialueilla on paikoin tiheääkin saaristoa ja kalliorantoja. Pohjoiseen päin kalliorannat vähenevät, pohjanmuodot loivenevat ja rannikko muuttuu avoimemmaksi. Selkämeren rannikolle tyypillisiä ovat luoteeseen suuntautuvat niemet ja niiden väliset matalat lahdet sekä pienialaiset saaristoalueet. Syvillä alueilla on pehmeitä pohjia. Sedimentaatio on kuitenkin hitaampaa ja sedimenttikerrokset ovat ohuempia kuin varsinaisella Itämerellä.

Selkämeren keskisyvyys on runsaat 60 metriä. Syvin kohta, 293 metriä, on Ruotsin puolella. Suomen rannikon edustalla Selkämeri syvenee ulospäin mentäessä verrattain tasaisesti. Uloimpien saarten kohdalla keskisyvyys on yleensä noin kymmenen metriä, 20 metrin syvyys saavutetaan 10–20 kilometrin etäisyydellä ja 50 metrin syvyys vasta noin 30 kilometrin etäisyydellä rannikosta. Jääolot ovat melko ankarat, normaai-

litalvina Selkämeri jäätyy ulappaa myöten. Avomeri jäätyy tavallisesti helmikuun puolivälin tienoilla ja sulaa huhtikuun puolivälissä. Jääpeitteen paksuus on yleensä noin 40 cm, lähellä rannikkoa enemmänkin.

Koska vedet sekoittuvat ja laimenevat Selkämeren rannikkoalueella tehokkaasti, mantereelta tulevan kuormituksen selvät vaikutukset rajautuvat kapealle saaristovyöhykkeelle ja jokien suualueille. Selkämeren ravinnepitoisuudet ja rehevyystaso ovat selvästi alhaisempia kuin Suomenlahdella, Saaristomerellä ja Itämeren pääaltaassa. Saaristomerellä ja Ahvenanmerellä olevat kynnysalueet estävät Itämeren vähähappisen ja runsasravinteisen alusveden pääsyn Selkämereen. Selkämeren ulappavedet ovat ravinnepitoisuuksiltaan ja biologiselta tuotannoltaan luokiteltavissa karuiksi, mutta rannikon lähivesissä rehevöitymisen oireita on havaittavissa. Ravinteita kulkeutuu mereen rannikon teollisuuslaitoksista, kaupungeista ja kalankasvatuslaitoksista sekä jokien ja ojien valuma-alueiden pelloilta, metsistä ja soilta. Ilmalaskeumana tulee mereen erityisesti typpeä.

Selkämereen laskevat joet

Selkämeren eteläosaan laskee erikokoisia ja varsin erityyppisiä jokia (taulukko 1). Sirppujoki, Lapinjoki ja Eurajoki ovat tyypillisiä savivaltaisten, vähäjärvisien tasankoalueiden jokivesistöjä. Kokemaenjoen yläosaa luonnehtivat järvireitit ja alaosaa Selkämereen laskeva jokiosuus. Näillä neljällä vesistöalueella peltojen osuus on suurehko. Karvianjoen vesistöalueelle ominaista on soiden ja järvien runsaus sekä suhteellisesti pienempi peltojen osuus. Päävesistöalueiden välissä on maankohoamisrannikon pienehköjä jokia ja puroja. Valuma-alueen ominaisuuksien ja kuormituksen laadun ja määrän eroavaisuuksien



Kuva 1. Selkämeren eteläosa ja siihen laskevat vesistöt. Ulompien ja sisempien rannikkovesien raja-
ennakoi tulevaa vesipuitedirektiivin mukaista tyypittelyä.



Kuuminainen, Pori. Kuva: Juha Manninen.

Taulukko 1.

Selkämeren eteläosaan laskevien jokivesien keskimääräinen laatu.

(A = vesistöalueen pinta-ala; MQ = keskivirtaama 1980–2003).

	A km ²	MQ m ³ /s	Järvi %	Pelto %
Kokemäenjoki	27 046	242,0	11,1	16,9
Harjajuopa	118	1,2	3,0	15,3
Eurajoki	1 336	9,6	13,3	23,0
Karvianjoki	3 438	36,0	4,9	12,5
Lapinjoki	462	3,6	4,2	20,0
Sirppujoki	438	3,4	1,8	30,0
Muut yhteensä	592			
Yhteensä	33 430			



Maankohoamisranta. Kalla, Eurajoki. Kuva: Raimo Sundelin.

takia joet ovat keskenään hyvin erilaisia myös virtaamiltaan ja vedenlaadultaan (ks. liitetaulukot 1 ja 2, s. 141).

Maisemat ja vedenalainen luonto

Selkämeren rannikolla maa kohoaa muutamia millimetrejä vuodessa, minkä seurauksena maisema muuttuu ihmisiänkin aikana. Maa-alueita paljastuu vähitellen veden alta. Kokemäenjoen suistossa uusia saaria ja kuivaa maata on todettu paljastuvan nopeammin kuin missään muualla Pohjoismaissa. Maankohoamisen vaikutusta lisää Kokemäenjoen kuljettaman kiintoaineksen kerrostuminen jokisuistoon. Maankohoaminen näkyy maisemassa parhaiten rantakasvillisuuden muutoksina.

Selkämeren vedenalaista luontoa on tutkittu erittäin vähän, joten tiedot monen lajin levinneisyydestä alueella ovat puutteelliset. Eliöstö on kuitenkin samankaltainen kuin Saaristomerellä. Rakkolevää on koko Selkämeren alueella, mutta pohjoisempana lajin yksilökoko pienenee selvästi. Uposkasvi meriajokas menestyy vain alueen eteläosissa. Jotkin kalat, mm. mustatokko, isotuulenkala, teisti, piikkisimppu ja vaskikala, elävät Selkämeressä levinneisyytensä pohjoisrajalla. Toisaalta merikuituista harjusta tavataan vasta Selkämeren keskivaiheilta pohjoiseen. Pohjaeläimistä mm. hietakatkaravun ja leväkatkaravun esiintymisen pohjoisraja on Selkämerellä, ja sinisimpukka käy harvinaiseksi alueen pohjoisosissa.

2

Selkämeren pohjan sedimentit: kerrostumishistoria ja sedimentaatiodynamiikka

Aarno Kotilainen ja Tuula Kohonen

Selkämeren alueen prekambriin kallioperä koostuu metamorfoituneista, kiteisistä kivilajeista. Sitä peittävät eri-ikäiset kerrostuneet kivilajit eli sedimenttikivet, jotka ovat pääasiassa proterotsooisia (jotunikaution) hiekka- ja savikiviä sekä kambri- ja ordovikikaution hiekka-, savi- ja kalkkikiviä. Selkämeren pohjan topografialle on tyypillistä tasainen, loivasti syvenevä itäpuoli ja jyrkästi syvenevä rikkonainen länsipuoli (kuva 2). Peruskallion muodot, sedimenttikivien laatu ja mannerjäätikön toiminta ovat yhdessä vaikuttaneet Selkämeren nykyisten syvyysuhteiden syntyyn.

Pohjimmaisena moreenipatja

Kvartaarikauden eli viimeisten 2,6 miljoonan vuoden aikana usein toistuneet jääkaudet ovat kuluttaneet osan Selkämeren pohjan varhaisemmista kerrostumista pois. Tästä syystä esimerkiksi jääkausien välisten lämpimien kausien aikaisia kerrostumia ei ole säilynyt Selkämeren alueella paljokaan, tai niitä ei ole löydetty. Valtaosa säilyneistä nuoremmissa kerrostumista onkin muodostunut vasta viimeisimmän jäätiköitymisen aikana ja sen jälkeen, pääasiassa viimeksi kuluneiden noin 25 000 vuoden aikana. Nämä kerrostumat eli sedimentit voidaan syntytapansa ja -ympäristönsä perusteella jakaa jäätikkösyntyisiin ja jääkauden jälkeisiin kerrostumiin. Jäätikkösyntyiset sedimentit ovat kerrostuneet jäätikön pohjalle tai edustalle, tai sulavedet ovat kasanneet niitä jäätikön reunaan ja eteen. Tähän ryhmään kuuluvat moreenit, jäätikköjokikerrostumat, kuten esimerkiksi harjut, ja glasiaalisavet. Jääkauden jälkeisiin kerrostumiin kuuluvat Itämeren eri vaiheiden aikana kerrostuneet järvi- ja meris sedimentit, jotka ovat pääsääntöisesti hienojakoisia sedimenttejä. Eroosiovoimien, esimerkiksi rantaeroosion, kerrostamat kar-

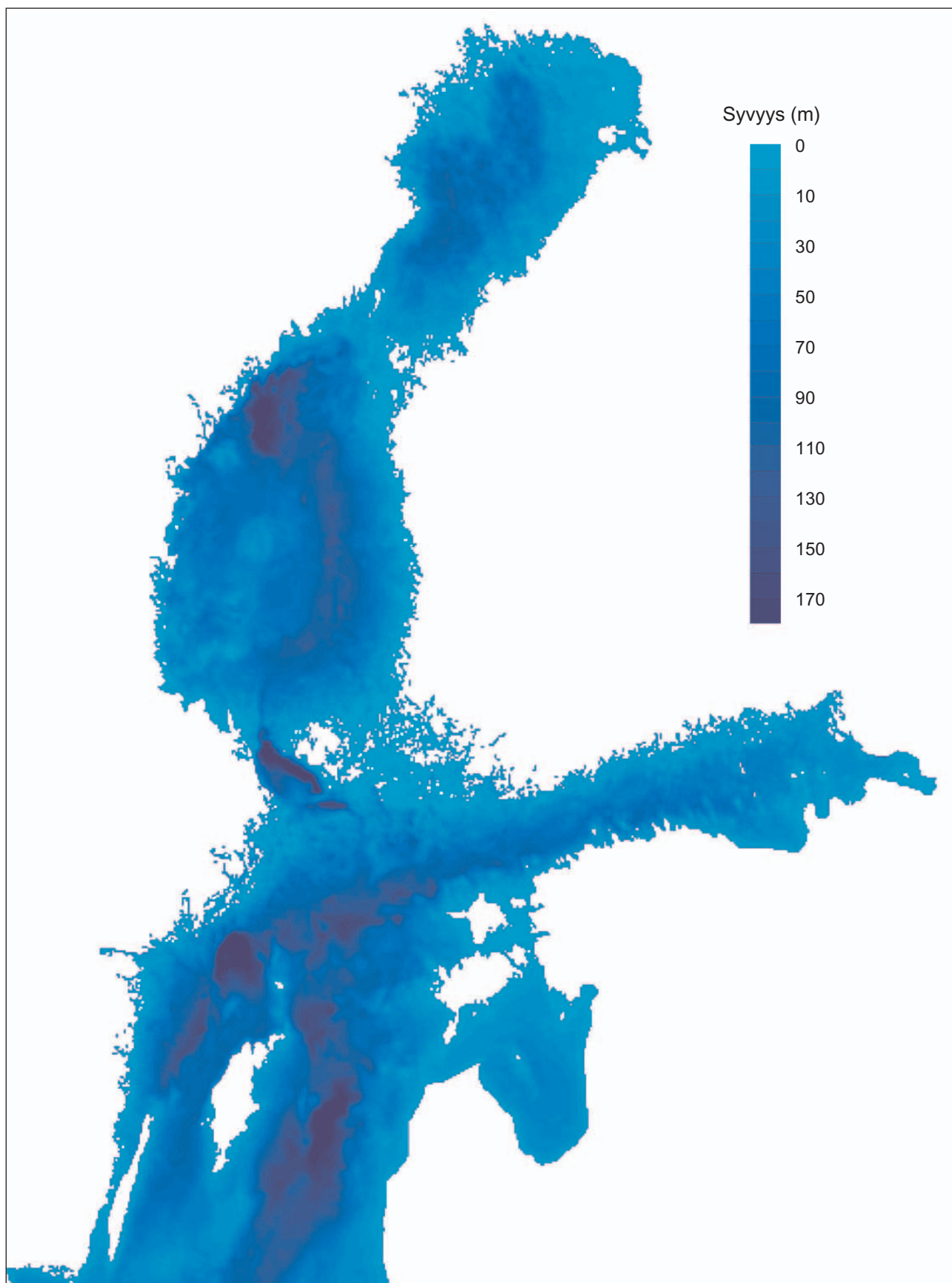
keajakaiset sedimentit kuuluvat myös tähän ryhmään.

Kuvassa 3 näkyy sedimenttien tyypillinen kerrosjärjestys niillä Selkämeren alueilla, joilla kerrostuminen on ollut suhteellisen jatkuvaa jääkauden jälkeen eikä eroosio ole kuluttanut altaan pohjalle aiemmin kerrostuneita sedimenttejä pois.

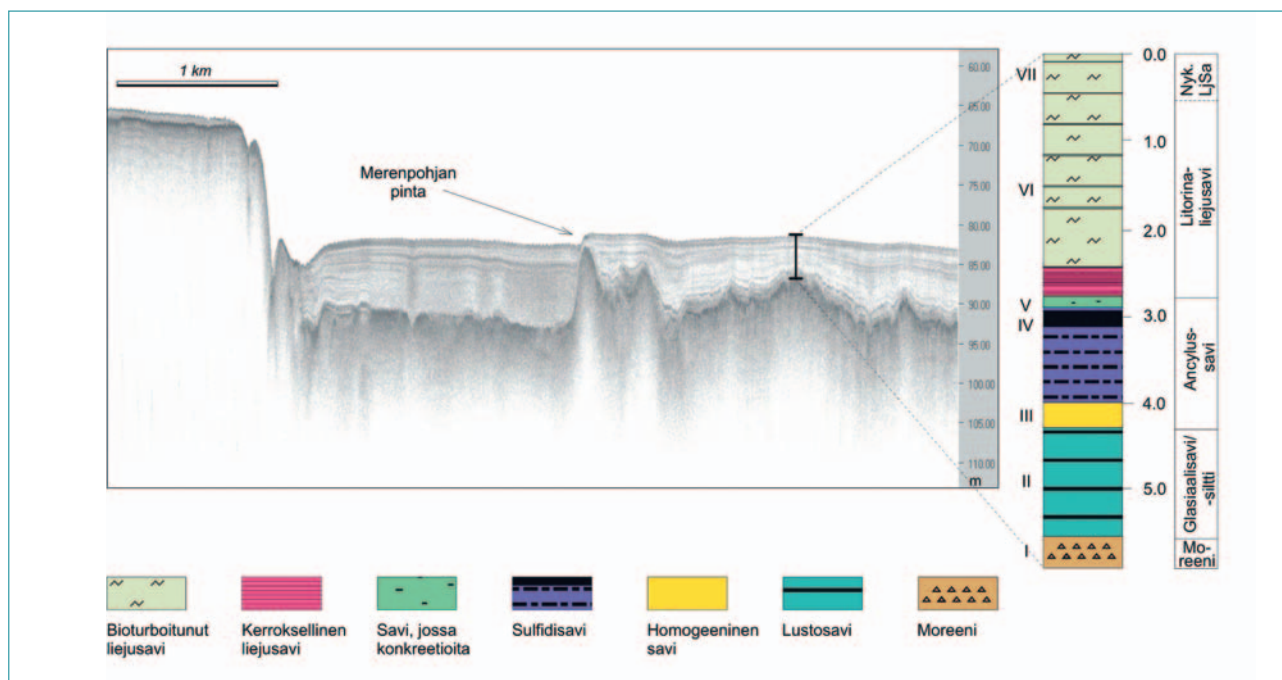
Kallioperää ja sedimenttikiviä peittävät erilaiset moreenikerrostumat (kerrostuma I kuvassa 3). Viimeisimmän jäätiköitymisen perääntymisvaiheessa näiden päälle on voinut kerrostua jäätikön sulavesien kasaamia kerrostumia.

Sulavedet toivat savia

Kun mannerjäätikkö perääntyi Selkämeren eteläosista noin 11 000 vuotta sitten, veden syvyys alueella oli runsaat 200 metriä nykyistä suurempi. Itämeren historiassa elettiin silloin ns. Yoldiamerivaihetta (n. 11 590–10 700 vuotta sitten). Tämän vaiheen aikana Itämeren altaasta oli Keski-Ruotsin kautta yhteys valtameriin ja suolaista vettä pääsi ajoittain virtaamaan Itämereen. Sen syvänteissä ja Suomenlahdella havaittu lyhytaikainen (100–200 vuotta kestänyt) murtovesivaihe ei kuitenkaan liene ulottunut Selkämeren altaan puolelle, vaan vesi säilyi siellä edelleen makeana. Jäätikön reunan ulkopuolelle, syvään veteen, kerrostui savia (II kuvassa 3) joiden lustorakenne osoittaa jäätikön sulamisen vuodenaikaista vaihtelua. Lustorakenteessa erottuvat alla oleva karkeajakoinen kevät- ja kesäkerros sekä päällä oleva hienojakoinen talvikerros. Jäätikön reunan lähellä lustorakenteet voivat olla useita senttimetrejä paksuja, mutta kauempana jään reunasta lustopaksaus jää pienimmillään vajaan millimetriin. Kaukana jään reunasta, rauhallisissa virtausolosuhteissa, altaan pohjalle kerrostui savea.



Kuva 2. Itämeren keski- ja pohjoisosien syvyydet 1 merimailin hila-resoluutiolla (1 852 m).



Kuva 3. Kaikuluotainprofiili (12 kHz) Selkämeren pohjoisosan pohjakerrostumista. Horisontaalimittakaava on esitetty kilometreissä ja syvyys metreissä. Sedimenttinäytesarjan (pystyjana) kerrosjärjestys on esitetty kuvassa oikealla. Numerot viittavat tekstissä mainittuihin sedimenttiyksiköihin.

I=moreeni, II=lustosavi, III=homogeeninen savi, IV=sulfidisavi, V=rikkikiisu- ja markasiittikonkreetioita sisältävät savi, VI= litorinaliejusavi, VII=nykyisin kerrostuva liejusavi.

Maan kohotessa valtameriyhteys katkesi Keski-Ruotsissa, ja Yoldiamerivaihetta seurasi Itämeren historiassa Ancyclusjärvivaihe (n. 10700–9000 vuotta sitten). Mannerjäätikön reuna suli edelleen Selkämerellä, ja perääntyvän jäätikön reunan lähelle kerrostui yhä lustosavia. On arvioitu, että mannerjäätikkö olisi vetäytynyt koko Selkämeren alueelta noin 10000 vuotta sitten. Kun jäätikön sulavesien määrä väheni, Selkämeren altaan pohjalle kerrostui homogeenista savea (III). Pohjasedimenttien kerrosjärjestyksessä sitä peittävät Ancyclusjärvivaiheelle tyypilliset mustat sulfidisavet (IV). Niissä on orgaanista ainesta jo enemmän kuin glasiaalisavissa. Saven muuttuminen sulfidipitoiseksi kertoo pohjan hapettomuudesta. Sulfidisavia peittävät lähes homogeeniset, paikoin rikkikiisu- ja markasiittikonkreetioita sisältävät harmaat savet (V). Ne ovat kerrostuneet Ancyclusjärven loppuvaiheissa.

Murtovesivaihe: eloperäistä ainesta sedimenttiin

Kun kohoava valtameren pinta ylitti Tanskan salmien kynnyksen, Itämeren altaan lounaisosiin alkoi tunkeutua suo-laista merivettä jo noin 9000 vuotta sitten. Varsinainen murtovesivaihe, Litorinamerivaihe, alkoi Itämeren pääaltaissa noin 8000 vuotta sitten, alueen eteläosissa hieman aiemmin kuin pohjoisosissa. Muutos vesiekosysteemissä oli dramaattinen. Järviolosuhteet muuttuivat murtovesiolosuhteiksi hyvin lyhyessä ajassa. Vesimassan fysi-kaalisten ja kemiallisten ominaisuuksien muuttuessa perustuotanto kasvoi Itämeren pintavesissä nopeasti. Tämä näkyy sedimenteissä ja niiden ominaisuuksissa selvästi myös Selkämerellä. Litorinamerivaiheen aikana Selkämeren pohjalle kerrostunut aine on pääasiassa vihertävän harmaata liejusavea, jossa on runsaasti eloperäistä ainesta (VI). Monet Itämeren

altaat olivat tuolloin ajoittain vähähappisia. Nämä ajanjaksot erottuvat litorinasavissa usein hienokerroksellisin rakenteina.

Pohjasedimenttien kerrosjärjestyksessä päällimmäisenä ovat nykyisen Itämeren aikana eli viimeisten noin 1000 vuoden kuluessa merenpohjalle kerrostuneet liejusavet ja liejut (VII). Paikoin savi-kerrostumien päällä, erityisesti rannikolla, on virtausten ja aaltojen kovemmilta pohjilta kuluttamaa karkeampaa ainesta: hiekkaa ja silttiä.

Selkämeren pohjalla yleensä yli 30 metrin syvyydessä on jopa useiden neliökilometrien laajuisia alueita rautamanganisaostumien peitossa. Nämä sedimentit ovat syntyneet kemiallisesti, saostumalla hapettavissa olosuhteissa merivedestä. Raudan ja mangaanin lisäksi ne sisältävät mm. fosforia ja voivat muodostua toimia fosforin nieluna. Liuetessaan ne vapauttavat sitomaansa fosforia.

Kerrostuminen on harvoin jatkuvaa edes merten syvänteissä. Sedimentaatio-olot ovat vaihdelleet paljon vuosituhansien kuluessa, myös Selkämerellä, joten alueen merenpohjan kerrostumissa on suuria ajallisia ja paikallisia eroja. Kerrostuminen ei ole missään täysin samanlaista.

Hiukkasista kerroksiksi

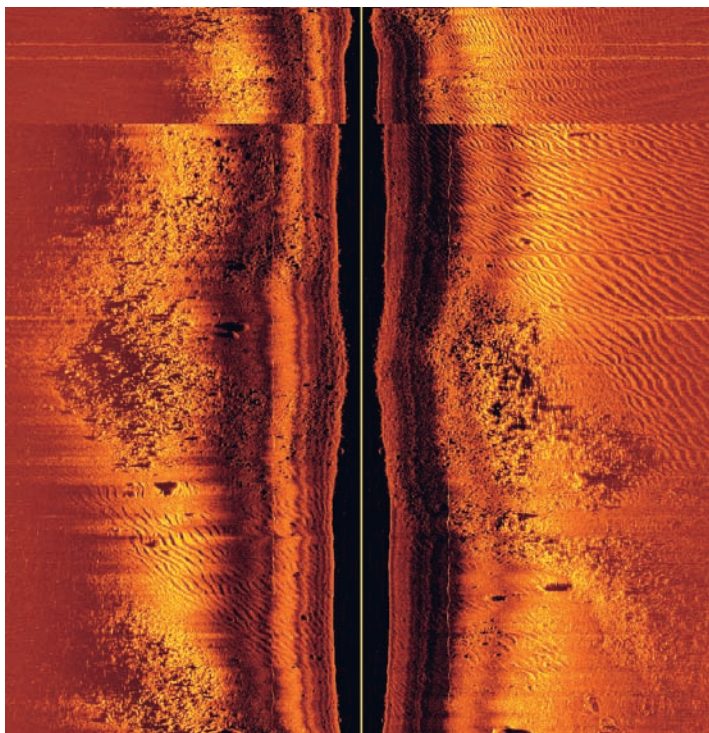
Selkämerellä sedimenttien eroosioon, kulkeutumiseen ja kerrostumiseen vaikuttavat mm. virtausnopeus, aineksen raekoko, veden syvyys, pohjan topografia, etäisyys mantereesta, vesimassat, ilmasto, jääpeite, perustuotanto, pohjaeliöstö ja maankohoaminen.

Selkämeren alueen ilmastovyöhykkeelle tyypillinen vuodenaikaisvaihtelu säätelee mineraaliaineksen huuhtoutumaa jokivesissä ja meriekosysteemin tuotantoa.

Rautamanganisaostuma. Kuva: Aarno Kotilainen.



Viistokaikuluotainkuva meren pohjasta Rauman edustalta noin 30 metrin syvyydestä. Viimeisimmän myrskyn jäljet näkyvät vielä näinkin syvällä pohjahiekan aaltokuvioina. Otos kattaa noin 100 metriä leveän alueen. Keskiosan musta juova ja sen tummanruskea reunus ovat veneen perässä vedetyn kaikuluotaimen anturin katve-alueita. Kuva: Pasi Rytönen.

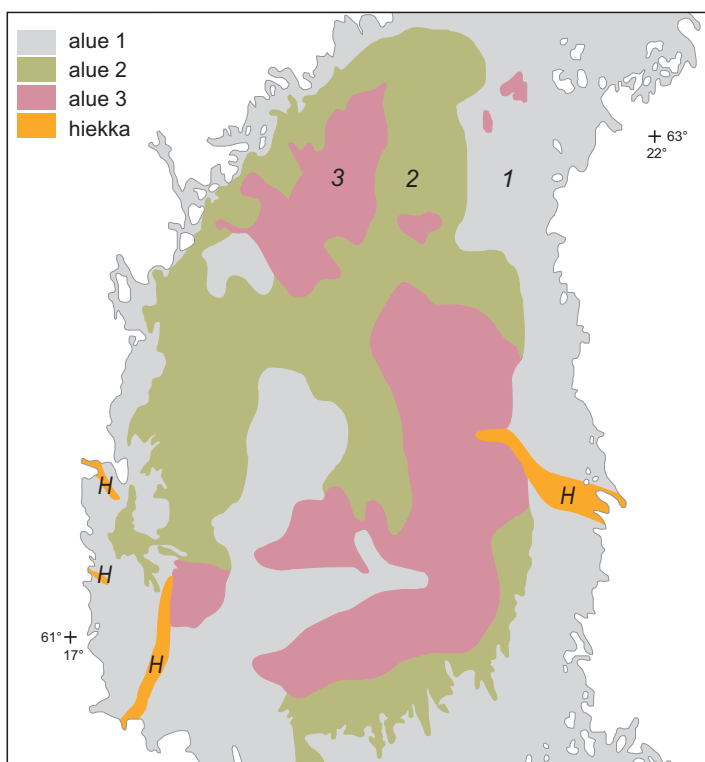


Kuva 4. Yleiskuva Selkämeren pohjan eroosio-, kuljetus-, non-deposition- ja kerrostumisalueista.

Harmaat alueet (1): Eroosio- ja kuljetuspohjat sekä ne pohjat, joilla kerrostumista ei tapahdu (non-deposition); syvyys alle 60 m. Lisäksi rannikon läheiset suojaiset painanteet, joissa tapahtuu kerrostumista.

Vihertävät alueet (2): Pääosin kuljetus- ja non-deposition -pohjia.

Punertavat alueet (3): Pääasiassa sedimentaatio-alueita. Lisäksi karttaan on merkitty alueita, joilla esiintyy hiekka- ja sorakerrostumia (H). Kartta on laadittu Ignatiuksen ym. (1980) ja Winterhalterin ym. (1981) julkaiseman aineiston sekä Aarno Kotilaisen tutkimusten pohjalta.



Alueelle on ominaista myös nopea maankohoaminen, joka paljastaa aiemmin kerrostuneita sedimenttejä rantavoimien ja pohjavirtausten kulutettavaksi.

Joet, tuuli ja jää kuljettavat manteelelta mereen humusta ja epäorgaanista ainesta. Nämä, samoin kuin meressä oleva orgaaninen aines sekä eroosion merenpohjasta irrottama aines, kulkeutuvat aaltojen, virtausten ja sisäisten aaltojen voimasta syvemmälle. Rannalta syvänteisiin tapahtuva kuljetus jatkuu, kunnes virtaukset rauhoittuvat ja aines pääsee vajoamaan merenpohjalle. Rinnealueilla esiintyy myös ainesta kuljettavia ja kerrostavia massaliikuntoja.

Sedimenttihiukkanen alkaa vajota meren pohjalle virtausnopeuden vähetessä. Siihen, kuinka pieni virtausnopeuden pitää olla jotta partikkeli alkaisi vajota, vaikuttavat sen raekoko, muoto ja tiheys. Mitä suurempi raekoko on, sitä nopeammin partikkeli laskeutuu pohjaan. Mitä nopeammin partikkelit vajoavat, sitä todennäköisemmin ne kerrostuvat merenpohjalle. Pienistä partikkeleista muodostuu usein rykelmiä, mikä nopeuttaa niiden pääsyä pohjalle.

Mitä syvempi allas on, sitä kauemmin vajoaminen luonnollisesti kestää.

Veden syvyys vaikuttaa myös aaltoeroosioon. Aaltojen kulutus on voimakainta matalilla alueilla ja heikkenee pohjan syvetessä. Paikallinen topografia taas aiheuttaa vaihteluita pohjavirtauksiin ja siten aineksen kulkeutumiseen. Mitä kauempana mantereesta kerrostumisallas on, sitä hienojakoisempaa on kerrostuva aines. Siellä missä perustuotanto on meressä suuri, myös sedimentoituvan orgaanisen aineksen määrä yleensä kasvaa. Pohjaeliöstön toiminta, esimerkiksi kaivaminen, voi vielä sekoittaa merenpohjalle kerrostunutta sedimenttiä.

Näiden vaihtelevien prosessien seurauksena meren pohjalla voi olla eri-ikäisiä kerrostumia jääkauden aikaisista tai varhaisemmistakin sedimenteistä nuoriin, juuri kerrostuneisiin liejuihin tai eroosiohiekka-kerroksiin (kuva 4). Tästä syystä eri pohjanlaatujen alueellinen esiintyminen on hyvin epätasaista. Aineksen eroosio, kuljetus ja kerrostuminen merenpohjalla vaihtelevat niin ajassa kuin paikassakin.

Kirjallisuutta

- Boström, K., Burman, J.O., Boström, B., Pontér, C., Brandlöv, S. & Alm, B. 1978. Geochemistry, mineralogy and origin of the sediments in the Gulf of Bothnia. Finnish Marine Research 244: 8–35.
- Ignatius, H., Kukkonen, E. & Winterhalter, B. 1980. Pohjanlahden kvartäärikerrostumat. Geologinen tutkimuslaitos. Tutkimusraportti N:o 45.
- Leivuori, M. 2000. Distribution and accumulation of metals in sediments of the northern Baltic Sea. Finnish Institute of Marine Research. Contributions 2. 141 s.
- Leivuori, M. & Niemistö, L. 1995. Sedimentation of trace metals in the Gulf of Bothnia. Chemosphere Vol. 31, 8: 3839–3856.
- Winterhalter, B. 1972. On the geology of the Bothnian Sea: an epeiric sea that has undergone Pleistocene glaciation. Geological Survey of Finland. Bulletin 258: 1–66.
- Winterhalter, B., Flodén, T., Ignatius, H., Axberg, S. & Niemistö, L. 1981. Geology of the Baltic Sea. Teoksessa: Voipio, A. (toim.) The Baltic Sea. Elsevier Oceanography Series 30: 1–121.

Selkämeri Itämeren osana

Jari Vehviläinen

Itämeren erityispiirteet

Itämeri on murtovesiallas, joka saa vetensä valuma-alueen makeista jokivesistä ja sadannasta sekä Pohjanmeren suolaisesta valtamerivedestä. Itämeren vähäsuolaisuus johtuu jokivesien hallitsevasta osuudesta vesitaseessa. Suolan määrä vaihtelee Pohjanlahden pohjoisosien kahdesta promillesta Juutinrauman jopa yli kahteenkymmeneen promilleen (kuva 5). Valtameret ovat huomattavasti suolaisempia kuin Itämeri, esimerkiksi Pohjois-Atlantin suolapitoisuus on noin 33 promillea. Pohjois-etelä-suuntaisen suolaisuusvaihtelun lisäksi Itämeren suolapitoisuus muuttuu syvyyden mukaan: pinnassa on vähäsuolaisinta ja pohjassa suolaisinta vettä. Vesi on suolapitoisuuden suhteen voimakkaasti kerrostunutta etenkin varsinaisella Itämerellä eli alueella, johon eivät kuulu Pohjanlahti, Suomenlahti, Riianlahti ja Tanskan salmet.

Voimakassuolaista valtamerivettä virtaa Tanskan salmien läpi Itämereen vain ajoittain, sopivien sääolojen vallitessa. Pohjanmereltä tulevat suolapulssit säätelevät suolaisuuden lisäksi varsinaisen Itämeren syvänteiden happipitoisuutta, sillä niiden mukana saapuva happipitoinen vesi korvaa vanhan pohjanläheisen veden. Ilmakehän happi liukenee ja sekoittuu vähäsuolaiseen pintaveteen, mutta suuren tiheyseron takia pintavesi ja syvävesi eivät sekoitu. Niinpä happea päätyy varsinaisen Itämeren syväveteen vain silloin, kun suolaisen veden sisäänvirtaus on riittävän suuri.

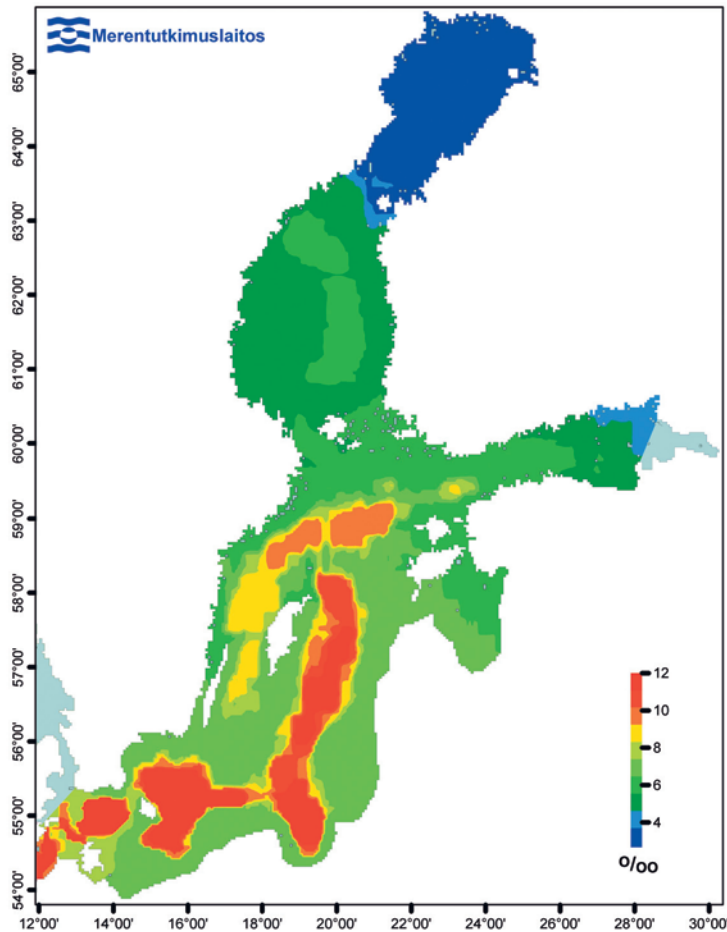
Eloperäisen aineksen hajoaminen merenpohjassa kuluttaa happea. Hapen kuluessa loppuun alkaa muodostua pohjaeläimille myrkyllistä rikkivetyä. Tämän takia suolapulssien mukana tuleva happi on voimakkaan kerrosteisuuden alaisille syville pohjille elintärkeää varsinaisella Itämerellä. Kuvassa 6 on esitetty Itämeren eri osaluokkien pohjan happitilanne kesällä 2003.

Selkämeressä suolaa vähän, happea hyvin

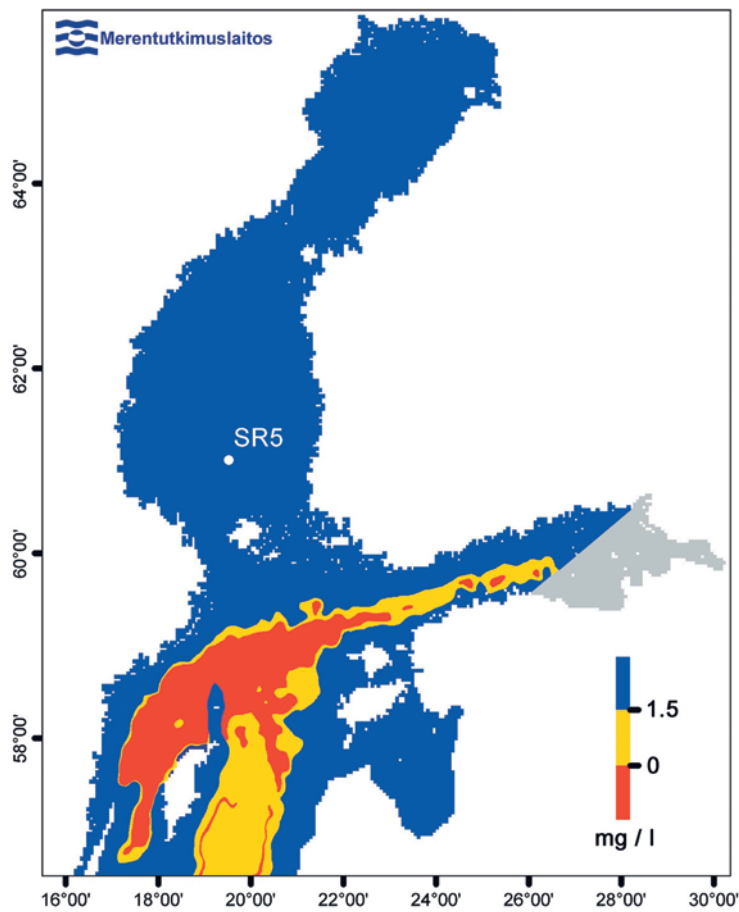
Selkämereen tulee varsin paljon jokivesiä. Itämeren yhteenlasketusta jokivirtaamasta 42 prosenttia päätyy Pohjanlahteen ja 19 prosenttia Selkämereen. Jokivesien vuositainen virtaama ja sadanta muodostavat yhdessä 10–18 prosenttia Pohjanlahden kokonaistilavuudesta. Lisäksi Salpausselän vedenalaiset jatkeet ja Saaristomeren saaret erottavat Pohjanlahden Itämeren pääaltaasta niin, että vain pieniä määriä varsinaisen Itämeren suolaista syvävettä pääsee Pohjanlahteen. Tämän vuoksi Selkämeren kerrosteisuus eli pinnan ja syväveden suolaisuusero on vähäinen ja vesi sekoittuu tehokkaasti pystysuunnassa etenkin kevät- ja syysmyrskyjen aikana. Ilmakehän happi pääsee siis sekoittumaan koko Pohjanlahden vesimassaan, ja happiolot ovat suhteellisen hyvät myös syvävedessä lähellä pohjaa (kuva 6), toisin kuin varsinaisella Itämerellä ja Suomenlahdella.

Selkämeren suolapitoisuuden muutokset ovat seuranneet varsinaisen Itämeren tilannetta, tosin voimakkaasti vaimentuneina. Suolan määrä kasvoi 1960-luvun loppupuolelta 1980-luvun alkupuolelle sekä pinta-vedessä että syvässä. Syväveden suolaisuus pieneni 1980-luvulta 1990-luvun puoliväliin asti, jonka jälkeen on taas havaittu vähäistä pitoisuuden kasvua (kuva 7).

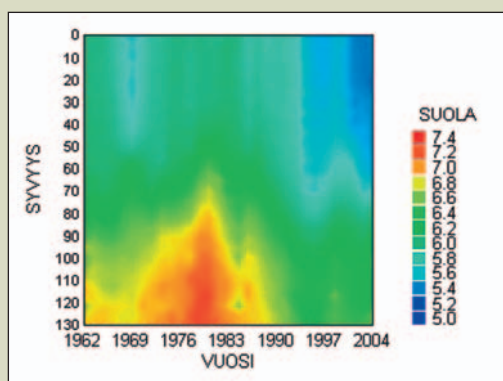
Koska Selkämeren vedessä on runsaasti happea, pohjasedimentteihin varastoitunut fosfaatti ei liukene takaisin vesimassaan niin kuin tapahtuu Suomenlahden hapettomilla pohjilla. Selkämeren syvävedessä ei myöskään muodostu rikkivetyä. Syväveden happipitoisuus on ollut alimmillaan 1980-luvulla ja vuoden 2000 jälkeen. Viime vuosina hapen määrä on hieman lisääntynyt (kuva 8).



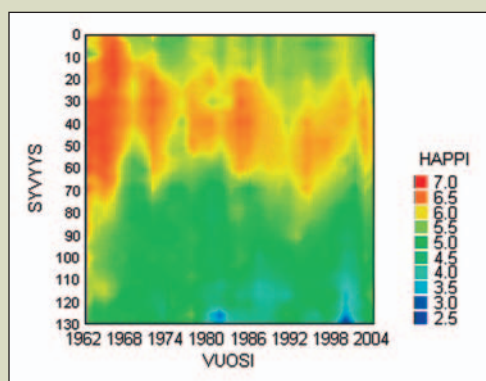
Kuva 5. Pohjanläheisen veden suolaisuus (‰) Itämeressä talvella 2004.



Kuva 6. Pohjanläheisen veden happitilanne (mg/l) Itämeressä kesällä 2003. Negatiivinen lukuarvo kuvaa rikkivetyypitoisuutta.



Kuva 7. Veden suolapitoisuus (‰) Selkämerellä asemalla SR5 vuosina 1962–2003. Suolapitoisuuden minimiarvot saavutetaan heinä–elokuussa, korkeimmat arvot helmi–maaliskuussa.



Kuva 8. Veden happipitoisuus (mg/l) Selkämerellä asemalla SR5 vuosina 1962–2003.

Pohjanlahden tila parempi kuin Suomenlahden

Ravinnemäärien kasvaessa planktontuotanto lisääntyy ja meri rehevöityy. Rehevöitymisestä kärsivät etenkin rannikot, koska suurin ravinnekuorma kohdistuu sinne. Avomerialueet ovat huomattavasti paremmassa kunnossa kuin rannikkovedet.

Itämeri rehevöityy erityisen herkästi monestakin syystä. Se on matala, ja sen vesitilavuus on pieni. Vesi on kerrostunut, ja veden viipymäaika on suhteellisen pitkä. Valuma-alueen laajuus on meren pinta-alan nähden viisinkertainen. Alueella asuu 85 miljoonaa ihmistä, ja siellä harjoitetaan intensiivistä maataloutta ja teollista toimintaa. Tästä syystä muun muassa levien kasvua säätelevien typpi- ja fosforyhdisteiden pitoisuudet ovat korkeat.

Veden keskimääräinen viipymäaika on varsinaisessa Itämeressä noin 25 vuotta, Selkämeressä 5–10 vuotta. Veden lyhyemmän viipymän ansiosta Selkämeri kestää maalta tulevaa kuormitusta paremmin kuin varsinainen Itämeri. Yleisesti ottaen

koko Itämeri on kuitenkin haavoittuvampi kuin monet muut maailman meret.

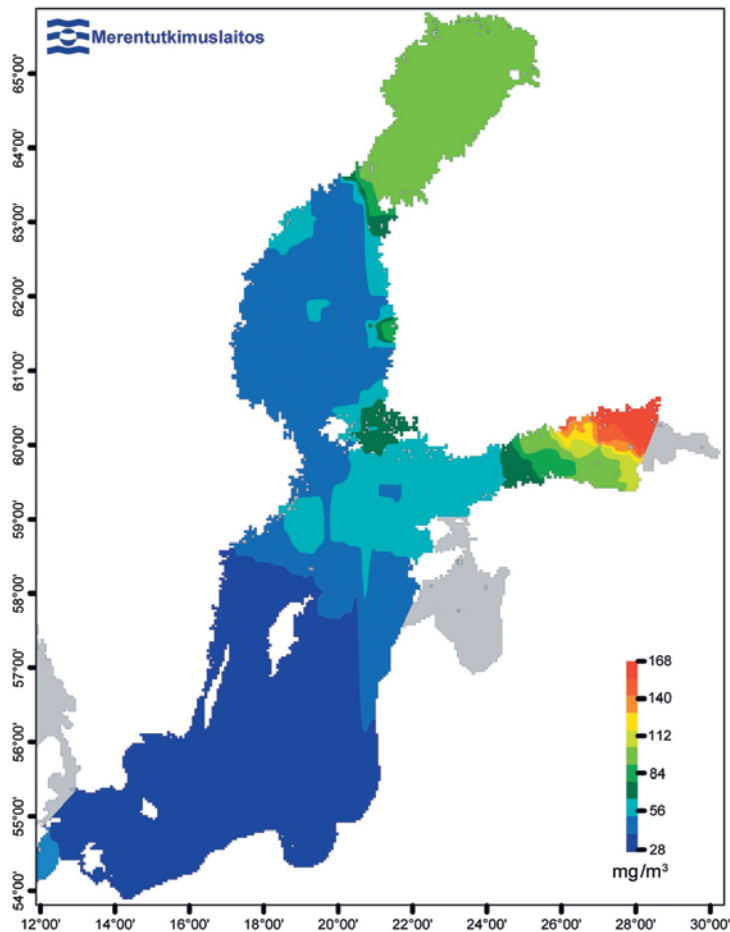
Ravinnekuormitus on Itämeren merkittävin uhka. Kuormituksen arvioidaan olevan nykyisin 4–8-kertainen esiteolliseen aikaan verrattuna. Niinpä ennen niin kirkasvetinen Itämeri on muuttunut reheväksi ja sameaksi. Leväbiomassaa muodostuu nykyisin huomattavasti enemmän kuin vielä 1950- ja 1960-luvulla. Pohjanlahden tilanne on kuitenkin valoisampi kuin esimerkiksi Suomenlahden, koska Pohjanlahteen tulee pinta-alan nähden selvästi vähemmän kuormitusta kuin Suomenlahteen (taulukko 2).

Jos ravinnemääriä verrataan altaiden tilavuuteen, Suomenlahteen päätyy tilavuusyksikköä kohti noin 8,5 kertaa enemmän fosforia ja noin 8 kertaa enemmän typpeä kuin Pohjanlahteen. Tämä selittää, miksi Selkämeren ravinnetilanne on veden laadun osalta niin paljon parempi kuin Suomenlahden (kuvat 9 ja 10). Pohjanlahdella on kasviplanktonia kesällä keskimäärin vain 20–50 prosenttia Suomenlahden määristä.

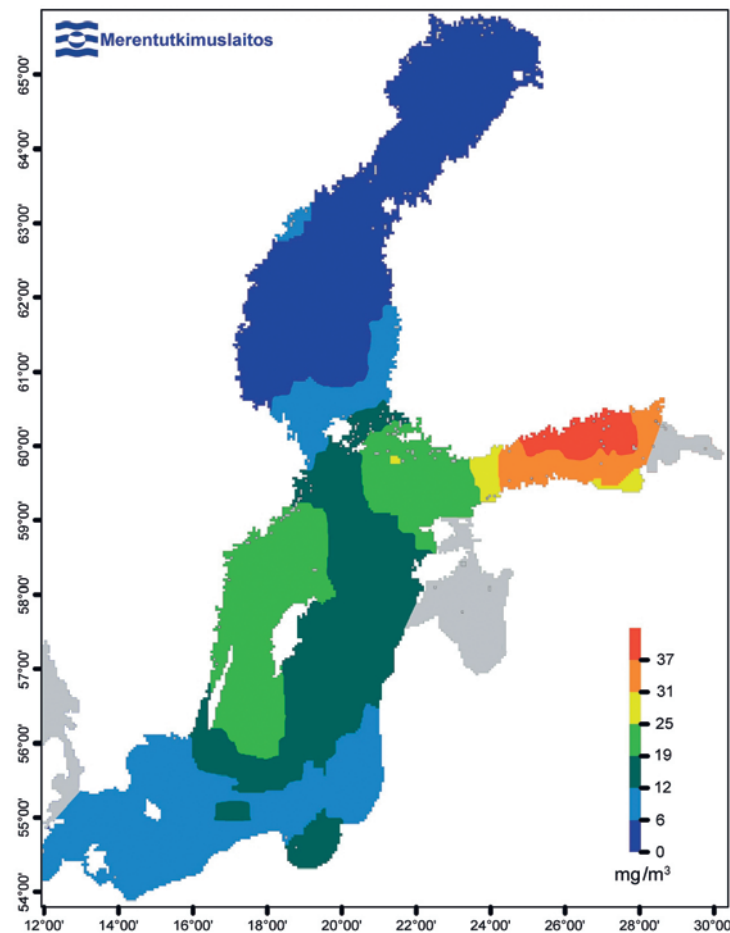
Taulukko 2.

Pohjanlahteen ja Suomenlahteen valuma-alueelta tuleva fosfori- ja typpi-kuormitus prosentteina koko Itämeren vastaavasta kuormituksesta (laskettu Kiirikin ym. esittämien lukujen pohjalta).

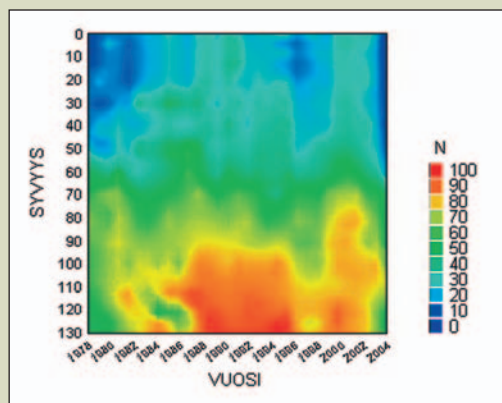
Merialue	Osuus Itämeren pinta-alasta (%)	Typpi-kuormitus (%)	Fosfori-kuormitus (%)
Pohjanlahti	28	15	13
Suomenlahti	7	22	17



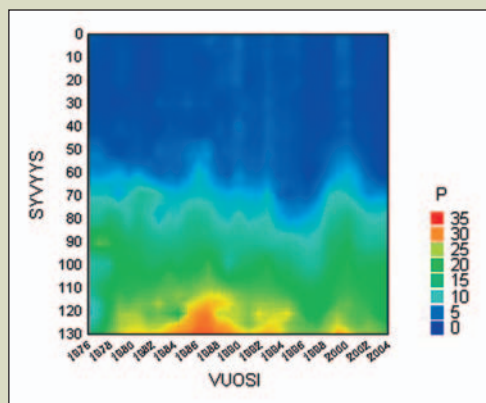
Kuva 9. Pintaveden nitraattipitoisuudet (mg/m³) talvella 2004. Nitraatti on merkittävin typpiravinne. Muita typpiravinteita ovat ammoniakki, nitriitti ja orgaaniset typen yhdisteet.



Kuva 10. Pintaveden fosfaattipitoisuudet (mg/m³) talvella 2004. Fosfaatti on pääasiallinen fosforiravinne.



Kuva 11. Liukoisten typpiyhdisteiden pitoisuus (mg/m^3) Selkämeren asemalla SR5 vuosina 1978–2004.



Kuva 12. Fosfaattipitoisuus (mg/m^3) Selkämeren asemalla SR5 vuosina 1976–2004.

Typpi ja fosfori rajoittavat planktontuotantoa

Noin puolet vuotuisesta levätuotannosta syntyy kevätkukinnassa. Kevään levämassat kuluttavat ravinteet vähiin pinnanläheisistä vesikerroksista, mikä hillitsee levien kasvua myöhemmin kesällä. Kukinnan päätyttyä levät kuolevat ja vajovat pohjaan, jolloin ravinteita siirtyy pintavedestä pohjaan, jossa ne edelleen varastoituvat pohjasedimenttiin.

Kun tuulet kuljettavat pintavettä rannasta ulapalle, syvemältä kumpuaa tilalle uutta vettä ja sen mukana ravinteita. Selkämerellä ravinteita nousee syvemmistä vesikerroksista kevään ja syksyn normaalin täyskierron sekä vesikerrokset sekoittavien voimakkaiden myöhäissyksyn ja talven myrskyjen yhteydessä.

Osa Itämeren pääaltaan, Suomenlahden ja Perämeren ravinteista kulkeutuu virtausten mukana Selkämereen. Perämereltä tulevat virtaukset tuovat Selkämereen merkittäviä määriä nitraattia. Kuten kuvasta 9 näkyy, Perämeren veden nitraattipitoisuudet ovat Selkämeren pitoi-

suuksiin verrattuna moninkertaiset. Itämeren pääaltaassa typpi on leväkasvua säätelevä ravinne. Selkämeren rannikkoalueilla kasvua rajoittavat typpi- ja fosfori yhdessä, ulappa-alueilla kasvua säätelee typpi.

Ravinnepitoisuuksien vuosien väliset erot näkyvät Selkämerellä kuten muillakin merialueilla parhaiten tammi–maaliskuussa. Silloin vapaita ravinteita on vedessä eniten, koska planktontuotantoa ei juuri ole.

Liukoisten typpiyhdisteiden pitoisuudet ovat kasvaneet 2–3-kertaisiksi 1970-luvulta 1980-luvun lopulle kaikissa vesikerroksissa (kuva 11). Sen jälkeen nousu on tasoittunut, joillakin alueilla jopa kääntynyt hienoiseen laskuun.

Fosforikuormitus on vähentynyt tehokkaiden puhdistusmenetelmien myötä, mikä näkyy pienentyneinä fosfaattipitoisuuksina (kuva 12). Fosforista voikin vähitellen tulla kasvua rajoittava tekijä myös Selkämeren ulapalla. Positiivinen kehitys näkyy myös siinä, että kevätkukinnan jälkeen pintakerrokseen jäävä fosfaattipitoisuus on alkanut pienentyä 1990-luvun alkupuolelta lähtien.

Kirjallisuutta

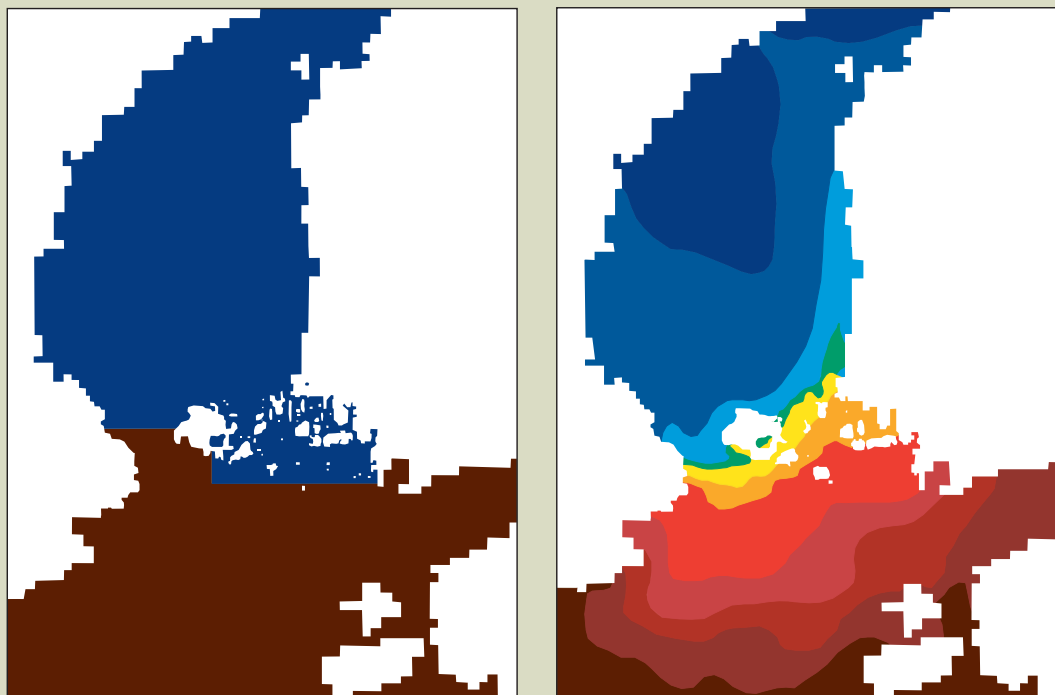
- Kiirikki, M., Pitkänen, H. & Bäck S. 2004. 2.1. Itämeren ja sen rannikkovesien erityispiirteet. Teoksessa: Pitkänen, H. (toim.) Rannikko- ja avomerialueiden tila vuosituhannen vaihteessa, Suomen Itämeren suojeluohjelman taustaselvitykset. Suomen Ympäristö 669: 7–10. Suomen Ympäristökeskus. Helsinki.
- Ehlin, U. 1981. Hydrology of the Baltic Sea. Teoksessa: Voipio, A. (toim.) The Baltic Sea: 123–134. Elsevier Scientific Publishing Company. Amsterdam, Oxford, New York.

Saaristomeren kautta Selkämerelle kulkeutuvat vedet

Harri Helminen ja Teija Kirkkala

Itämeren päävirtaussuunnista johtuen Itämeren pääaltaan ja Suomenlahden vedet sekä Saaristomeren valuma-alueelta tulevat ravinteikkaat vedet virtaavat Saaristomeren kautta edelleen Selkämerelle. Näiden vesien vaikutus näkyy rannikolla aina Merenkurkkuun asti (kuva). Selkämeren onneksi Saaristomeri toimii suodattimen tavoin; osa sinne virtaavista ravinteista ja kiintoaineesta jää pysyvästi alueelle. Virtaus- ja vedenlaatumalleilla on arvioitu, että Saaristomereltä kulkeutuisi Selkämerelle typpeä keskimäärin 5 200 tonnia ja fosforia 900 tonnia vuodessa. Vertailun vuoksi todettakoon, että Kokemäenjoen vesien mukana Selkämereen tulee vuosittain 9 100 tonnia typpeä ja 365 tonnia fosforia. Saaristomeren veden laatu ja sen kehitys vaikuttavat näin ollen huomattavasti myös Selkämeren tilaan.

Saaristomeren eteläosassa on havaittu Suomenlahdelta ja Itämeren pääaltaalta tulevien ravinteikkaiden vesien rehevöittävä vaikutus. Vastaavasti Saaristomeren rehevöitymiskehitys lisää ainakin Selkämeren eteläosassa rannikon lähivesien ongelmia. Vaikka Selkämeren rannikko-vesien tila on jätevesien tehostuneen puhdistuksen ansiosta paikoin kohentunut, rehevyys ulompana merellä uhkaa lisääntyä muilta merialueilta kulkeutuvien vesien vaikutuksesta.



Virtausmallilla simuloitu Itämeren ja Suomenlahden (tummanruskea) sekä Pohjanlahden (sininen) vesien sekoittuminen. Vasemmalla lähtötilanne, oikealla tilanne simulaatioajan jälkeen. Vaaleansininen juonne, joka ulottuu Uudenkaupungin tasalta Merenkurkkuun, kuvaa Saaristomeren suunnasta tulevan veden kulkeutumista. Vastaavasti Ruotsin rannikolla päävirtaus suuntautuu pohjoisesta etelään.

(Lähde: Helminen, H., Juntura, E., Koponen, J., Laihonon, P. & Ylinen, H. 1998. Assessing of long-distance background nutrient loading to the Archipelago Sea, northern Baltic, with a hydrodynamic model. *Environmental Modelling & Software* 13: 511–518.)

4

Satelliittikartoitus vedenlaadun tulkkina

S a m p s a K o p o n e n

Perinteinen tapa seurata vedenlaatua on kerätä vedestä näytteitä laboratoriomäärittelyksiä varten. Menetelmä on kuitenkin hidas, työläs ja kallis, joten sitä käytetään merialueilla yleensä vain kapealla rannikkovyöhykkeellä. Kaukokartoitus sen sijaan mahdollistaa hyvin laajojen alueiden mittaamisen muutamassa minuutissa. Lisäksi mittauksia voidaan tehdä pilvisyydestä riippuen salliessa päivästä toiseen vuosien ajan. Kaukokartoitus tuokin täysin uuden ulottuvuuden Selkämeren tilan arviointiin.

MODIS-satelliittikuvat

Kaukokartoituksen tavoitteena on havainnoida kohdetta ja mitata sen ominaisuuksia ilman, että sitä tarvitsee fyysisesti koskettaa. Mittauksia voidaan suorittaa satelliitteista käsin jopa satojen kilometrien etäisyydeltä. Kaukokartoitusmenetelmien suurimmat edut pistemittauksiin nähden ovat laaja alueellinen kattavuus sekä mahdollisuus tiheästi toistuviin havaintoihin. Maata kiertävissä satelliiteissa on tällä hetkellä useita kaukokartoituslaitteita, jotka kuvaavat päivittäin osan Suomea, jopa koko Suomen. Laitteiden avulla saa hyvän arvion esimerkiksi levälautojen levinneisyydestä merialueilla. Perinteisin pistemittauksin tämä ei onnistu.

Kaukokartoituslaitteista parhaiten vedenlaadun mittaukseen soveltuvat niin kutsutut optisen alueen spektrometrit. Ne ovat eräänlaisia kameroita, jotka mittaavat auringosta lähtöisin olevaa, mitattavasta kohteesta heijastunutta valoa.

Yhdysvaltain ilmailu- ja avaruushallituksen Nasan MODIS-spektrometri (Moderate resolution Imaging Spectroradiometer) mittaa maapalloa päivittäin 36:lla eri aallonpituusalueella. Näistä kahdella on 250 metrin alueellinen erotuskyky (tätä pienempiä maaston yksityiskohtia laite ei

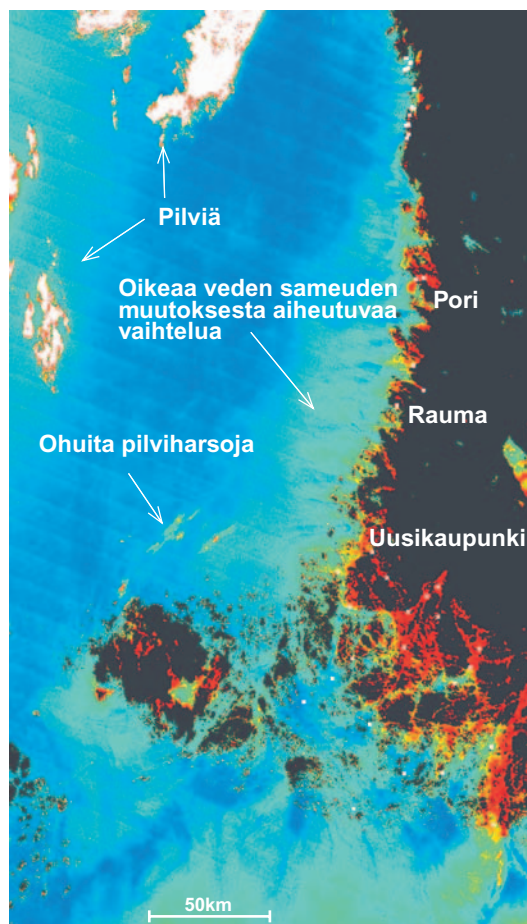
havaitse) ja niitä on käytetty menestyksellisesti aiemmissa vedenlaatuun liittyvissä tutkimuksissa sekä merialueilla että järvillä.

Spektrin kertomaa

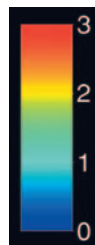
Tietty vedessä olevat aineet, kuten kiintoaine, humus ja *a*-klorofylli, vaikuttavat siihen, miten auringon valo heijastuu vedestä. Näiden aineiden vaikutus valoon riippuu niiden laadusta, määrästä ja mittauksessa käytetyn valon aallonpituudesta. Tutkimalla valon spektrissä esiintyviä piirteitä voidaan tunnistaa vedessä olevia aineita ja tehdä päätelmiä niiden määrästä. Eri aineiden signaalit tosin sekoittuvat osittain, jolloin voi olla vaikea erottaa, mistä aineesta spektrin muodot ovat lähtöisin.

Kaukokartoituslaitteella mitatut valon voimakkuusarvot voidaan muuttaa vedenlaatua kuvaaviksi muuttujiksi kokemuksellisten laskentamallien avulla. Vesinäytemittauksen ja satelliittihavaintojen välille etsitään parhaat yhtälöt, joilla kaukokartoitusmittauksen tulokset voidaan muuntaa vedenlaatumuuttujien arvoiksi. Seuraavien sivujen karttakuvat on laadittu näin luotujen yhtälöiden avulla.

Kuvasta 13 näkyy, että Selkämeren ulappa-alueiden vesi oli heinäkuun alkupuolella 2003 samentunut vain vähän ja hyvin tasaisesti. Levälautoja ei kuvassa havaita, ja sameuden vaihtelut ovat suuria vain melko kapealla rannikkokaistaleella. Selkämerellä tilanne on siis parempi kuin esimerkiksi Saaristomerellä, sen eteläpuolisella merialueella tai Suomenlahdella. Näissä Itämeren osissa pintavesi on ulapallakin huomattavasti sameampaa ja vaihtelevampaa kuin Selkämerellä. Loppukesästä Suomenlahdella ja eteläisellä Itämerellä esiintyy myös satelliittikuvissa selvästi näkyviä sinilevälautoja.



Kuva 13. Selkämeren sameuskartta 8.7.2003 noin klo 13:00 otettujen MODIS-kuvien perusteella. Tummat alueet ovat maata ja valkoiset pilviä. Asteikon värit kuvaavat veden sameusarvoja FNU-yksiköissä ilmaistuna. Vaaleansininen kuvaa kirkasta vettä (sameus vähäinen) ja punainen selvästi samentunutta vettä (kaikki sameusarvot, jotka ovat yli 3 FNU, on merkitty punaisella värillä). Suurimmassa osassa Selkämerta sameus on vähäistä eikä leväautoja esiinny. Korkeita sameusarvoja esiintyy vain rannikon läheisyydessä. Valkeat neliöt ovat vesinäytteiden ottopaikkoja ajalta 7.–22.7.2003. Kartasta voi nähdä, että sameuden alueellisesta jakaumasta saa satelliittimittauksen avulla paljon paremman hetkellisen arvion kuin pelkkiä vesinäytehavaintoja käyttämällä.



Kaukokartoituslaitteet mittaavat vain veden pintakerrosta, eli niillä ei voi mitata koko vesimassan tilaa. Lisäksi yksi satelliittikuva esittää vain vedenlaadun hetkellisen tilanteen. Virtaukset, biologiset ilmiöt (esimerkiksi sinilevien kasvu) ja muut syyt voivat muuttaa vedenlaadun alueellista jakaumaa voimakkaasti jopa muutamassa päivässä.

Kuvien tulkintaan vaikuttavat monet tekijät

Vedenlaadun kaukokartoitusmittauksia tulkittaessa on otettava huomioon virhelähteet. Eniten ongelmia aiheuttaa yleensä ilmakehä, koska sen kaasut ja aerosolit vaikuttavat mitattavaan valoon voimakkaasti.

Paksut pilvet estävät mittaukset näkyvän valon aallonpituuksilla kokonaan, kun taas ohut pilviharso voi satelliittikuvassa näyttää samankaltaiselta kuin oikeat vedenlaadun muutoksista aiheutuvat vaihtelut. Kuvassa 13 näkyy paksujen pilvien lisäksi myös ohuita pilviä. Paksujen pilvien reuna-alueet näkyvät kuvassa punaisina tai keltaisina renkaina. Merialueilla nämä on helppo tunnistaa, mutta jos pilvet ovat rannikolla maan päällä, reuna-alueiden vaikutusten tunnistaminen ja poistaminen vaikeutuu. Ilmakehän vaikutuksia voidaan poistaa ilmakehäkorjauksella, mutta kokemusperäisiä laskentamalleja käytettäessä tämä ei yleensä ole tarpeen, koska ilmakehän vaikutukset on sisällytetty muuntoyhtälön kertoimiin.

Rehevöityminen ja sisäinen kuormitus

Teija Kirkkala ja Tuula Kohonen

Rehevöitymisellä tarkoitetaan vesistössä tapahtuvan kasvituotannon lisääntymistä ja sen seurausvaikutuksia. Rehevöityminen johtuu ravinteiden, lähinnä typen ja fosforin, kertymisestä vesiin. Ravinnekuormitus lisää perustuotantoa eli kasviplanktonin ja muun kasvillisuuden kasvua. Selkämereen ravinteita kulkeutuu luonnonhuuhtouman lisäksi teollisuus- ja yhdyskuntajätevesien mukana, kalankasvatuksesta sekä hajakuormituksena maa- ja metsätaloudesta ja haja-asutuksesta. Myös ilmalaskeuma tuo vesialueille ravinteita, erityisesti typpeä.

Kuormituksen kokonaismäärästä ei voi suoraan päätellä sen merkitystä ja vaikutuksia vesistössä. Hajakuormituksen määrä riippuu sääoloista ja vaihtelee vuodenaikojen mukaan. Se on suurimmillaan runsassateisina aikoina ja keväällä tai talvella lumen sulamisvesien huuhtoutuessa vesistöihin. Pienimmillään hajakuormitus on vähäsateisina aikoina. Pistemäisen jätevesikuormituksen määrä pysyy tasaisempana ympäri vuoden. Kalankasvatuksesta aiheutuva kuormitus keskittyy avovesiaikaan. Hajakuormituksena tulevat ravinteet ovat pääosin kiintoaineeseen sitoutuneina, jolloin ne eivät ole välittömästi kasvituotannolle käyttökelpoisessa muodossa. Yhdyskuntajätevesien mukana tulevat ja kalankasvatuksen tuottamat ravinteet sen sijaan ovat pääosin liukoissa muodossa ja helposti eliöiden käytettävissä.

Vesistöt kestävät ravinnekuormitusta tiettyyn määrään asti ilman veden tai pohjan laadussa tapahtuvia selviä muutoksia. Rehevöityminen kiihtyy, kun kuormitus ylittää vastaanottavan vesistön sietokyvyn. Valaistus, veden fysikaaliset ja kemialliset ominaisuudet sekä ravinto- ketjun rakenne ja eliöiden saalistus säätelevät ravinnetason lisäksi kasviplanktonin tuotannon määrää. Rehevöitymisen seurauksena veden näkösyvyys pienenee kasviplanktonin ja muun hiukkasmaisen, eloperäisen aineksen lisääntyessä. Rantavyöhykkeen rakkolevät ja muut monivuotiset kasvit väistyvät yksivuotisten rihmalevien tieltä. Rantaa reunustava ilma- versoisten ja kelluslehtisten kasvien vyöhyke laajenee.

Lisääntynyt eloperäisen aineksen hajoaminen kuluttaa vesimassan happivarjoja. Happi voi loppua kokonaan alusvedestä ja pohjasedimentistä. Pohjaeliöstön lajisto ja runsaussuhteet muuttuvat liejuuntumisen ja hapenpuutteen seurauksena. Hapekkaiden pohjien sedimentit ovat pohjaeläinten möyhentämää tasa-aineista massaa. Hapettomilla pohjilla pohjaeläimiä ei ole, ja sedimentti on kerroksellista, usein sulfidien tummaksi värjäämää. Happikadon aikana sedimentissä voi muodostua myrkyllistä rikkivetyä, mikä huonontaa pohjaeläinten elinoloja entisestään. Kalojen elinolot heikkenevät veden laadun ja ravintoeliöstön muuttuessa sekä kutualueiden liejuuntuessa. Arvokalojen osuus kalastosta vähenee ja erityisesti särkikalojen osuus kasvaa.

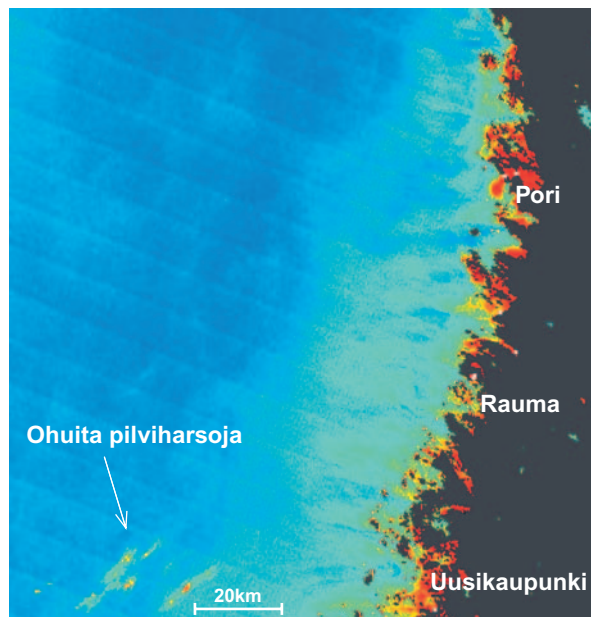
Kerrostumisaltaiden sedimentti toimii aluksi ravinteiden ja haitallisten aineiden nieluna. Rehevöitymisen edetessä pohjasedimenttiin sitoutuneita ravinteita ja haitta-aineita alkaa vapautua veteen: niin sanottu sisäinen kuormitus käynnistyy. Hapekkaassa sedimentissä fosforia sitoutuu rautayhdisteisiin. Jos olot muuttuvat hapettomiksi, rauta ja siihen sitoutunut fosfori muuttuvat liukoiseen muotoon ja vapautuvat veteen. Itämeren pohjaliejussa on runsaasti rikkiä, mikä edistää fosforin vapautumista. Täysin hapettomassa ympäristössä myös sedimenttiin kertynyttä typpeä palautuu ammoniumina veteen, vaikka osa tyydestä muuttuu- kin denitrifikaatiossa molekyylitypeksi ja vapautuu ilmakehään. Pahimmillaan rehevöitymisen seurauksena on voimakkaan sisäisen kuormituksen tilanne, jossa vesistön rehevöityminen jatkuu, vaikka ulkoinen ravinnekuormitus loppuisi.

Kokemäenjoesta mereen purkautuvan veden sameus Porin edustalla keskikesällä näkyy kuvassa 14. Samea vesi muodostaa viuhkan, jota sanotaan plyymiksi. Joki-vesien virtaaman vaihtelu vaikuttaa usein oleellisesti paikalliseen vedenlaatuun rannikolla. Keväällä Selkämeren rannikon vesi samenee laajalti, kun lumen sulamisvesien mukana tulee jokia pitkin mereen runsaasti savea ja muuta maa-ainesta. Porin edustalle keväällä 2004 syntynyt plyymi (kuva 15) oli yli 15 km pitkä ja sisälsi runsaasti kiinteää ainesta. Myös tuuli vaikuttaa vedenlaadun alueelliseen jakaumaan. Tuulen aikaansaatamat virtaukset voivat siirtää sameaa rannikko- ja jokivettä pitkiäkin matkoja.

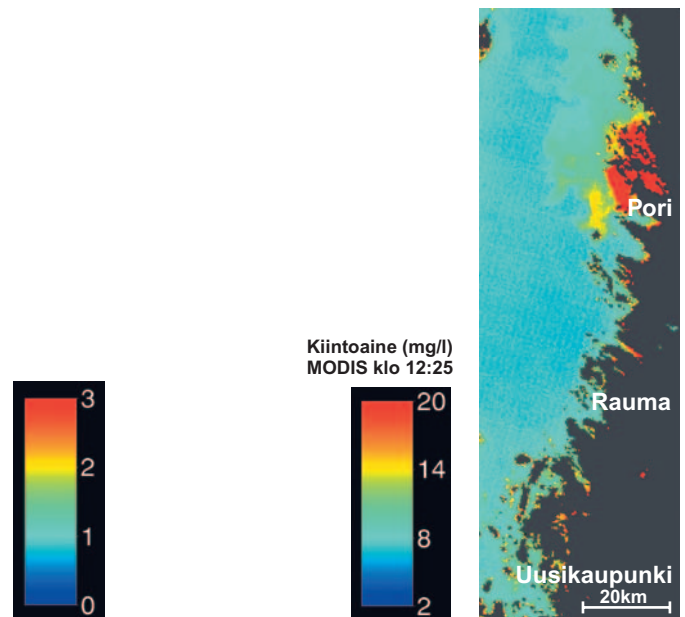
Aivan rannikon läheisyydessä veden mataluus aiheuttaa usein ongelmia. Matalilla alueilla, kuten jokisuistoissa, pohjasta heijastuva valo voi näkyä satelliittiin, varsinkin jos kyseessä on vaalea hiekkapohja

tai vedessä on kasvillisuutta. Tämän artikkelin kuvissa saattaakin olla jonkin verran pohjan vaikutuksesta syntyviä virheitä. Matalat alueet, jotka ovat herkkiä virhetulkinnoille, voidaan poistaa kuvista esimerkiksi käyttämällä syvyyskarttoja. Virheitä voivat aiheuttaa myös lähellä sijaitsevat, valoa voimakkaasti heijastavat kohteet, esimerkiksi rannikko ja saaret.

Uusien laitteiden ja menetelmien myötä kaukokartoitusmittausten tarkkuus lisääntyy ja yhä useamman optisesti aktiivisen vedenlaatumuuttujan mittaaminen on mahdollista. Kaukokartoitusta voidaan käyttää myös kohdentamaan vesinäytteiden keräämistä. Jos esimerkiksi satelliittikuvasta havaitaan jollakin alueella epätyypillisen korkeita sameusarvoja tai *a*-klorofyllipitoisuuksia, siellä voidaan lisätä perinteistä seurainta, jotta ilmiön syy saadaan selville.



Kuva 14. MODIS-sameushavainnot Satakunnan ja Uudenkaupungin alueella 8.7.2003 (suurennettu kuvasta 13). Kuvassa näkyy varsinkin jokien vaikutus vedenlaatuun. Porin edustalla Kokemäenjoki saa aikaan samean veden alueen, jonka pituus on n. 5 km.



Kuva 15. Kiintoaineen alueellinen jakauma Satakunnan ja Uudenkaupungin alueella 27.4.2004. Kuva on tehty käyttäen hyväksi Suomenlahdella samana päivänä tehtyjä mittauksia, sillä Selkämeren alueelta vesinäytemittauksia ei ollut saatavilla. Koska mittausgeometria on erilainen ja ilmakehän olosuhteissa saattaa olla eroja, kuvassa esitetty väriasteikko ei ole täysin luotettava. Suhteellisesti erot muuttujien arvoissa eri alueiden kesken sen sijaan ovat luotettavia.

Vesistötarkkailut

Teija Kirkkala

Jätevesiä vesistöihin johtavat laitokset kuten teollisuuslaitokset, kunnat ja kaupungit, sekä kalankasvattamot, on ympäristöluvista velvoitettu tarkkailemaan aiheuttamansa kuormituksen määrää ja sen vaikutuksia vesistön tilaan. Työ toteutetaan viranomaisten hyväksymien tarkkailuohjelmien mukaisesti (taulukot 3 ja 4).

Selkämerellä velvoitetarkkailut aloitettiin Uudenkaupungin, Rauman ja Porin edustalla jo 1960-luvun lopulla. Kokemäenjoen ja Porin edustan merialueen yhteistarkkailu alkoi 1974 ja Olkiluodon merialueen tarkkailu 1970-luvun lopulla. Kalankasvatuksen aiheuttamaa kuormitusta ja vesistövaikutuksia on seurattu 1980-luvun alkupuolelta lähtien. Vesistötarkkailujen tavoitteena on:

- Hankkia perusteet jätevesistä ja muusta merialueen kuormituksesta vesistön käytölle aiheutuvien haittojen arvioimiseksi yhdessä kalataloudellisen velvoitetarkkailun kanssa.
- Seurata pitkäaikaisten havaintosarjojen avulla merialueen tilan ja veden laadun kehitystä, kartoittaa jätevesien vaikutusalueiden laajuutta erilaisissa hydrografisissa oloissa sekä niiden rehevöittäviä tai muita haitallisia vaikutuksia merialueen eliöstöön, virkistys- ja kalastuskäyttöön sekä ekologiseen tilaan.
- Seurata toteutettujen vesiensuojelutoimenpiteiden vaikutuksia merialueen luonnontalouteen ja ekologiseen tilaan sekä yleiseen käyttökelpoisuuteen ja hankkia tutkimusaineistoa vesiensuojelun ja -hoidon ohjaukseen ja suunnitteluun.

Erityisesti tarkkaillaan kuormituksen laimenemista ja leviämistä sekä sen vaikutuksia merialueen ravinne- ja happitalouteen. Näitä seurataan fysikaalis-kemiallisin tutkimuksin. Kuormituksen rehevöittävää tai muuta haitallista vaikutusta merialueen luonnontalouteen selvitetään mm. kasviplanktonitutkimuksin.

Näytteistä määritetään eri syvyyksiltä mm. lämpötila, happipitoisuus, sähkönjohtavuus ja siitä suolaisuus, pH, sameus, väri, kokonaistyyppi ja -fosfori, epäorgaanisia ravinteita, kiintoainemääriä ja bakteerien määrää. Kasviplanktonin perustuotanto-, lajisto- ja α -klorofyllimäärityksiä on tehty kesäkaudella tuotantokerroksesta. Määrävuosina tehdään lisäksi pohjasedimentti- ja pohjaeläintutkimuksia sekä joillakin alueilla myös päällyslä- eli perifyton-tutkimuksia.

Taulukko 3. Vesistötarkkailuohjelmat

ALUE	FYS.-KEM.TUTKIMUKSET (vuosittain)			PÄÄLLYSLEVÄT		POHJAJELÄIMET	
	Tarkkailu alkanut	Havaintopaikkojen lkm	Tutkimuskertoja /v	toistuvuus	hav.paikkoja	toistuvuus	hav.paikkoja
UKI ^{1) 2)}	-69	19	8	-96, -02, -04	23	5–6 v:n välein	42
PYHÄMAA ³⁾	-83	25	2	3–4 v:n välein	30	4–5 v:n välein	22
RAUMA ¹⁾	-69	15	6	-90,-95,-97,-01	22	4 v:n välein	43
OLKILUOTO ¹⁾	-79	7	4 ⁴⁾			vuosittain	6
LUVIA ⁵⁾	-88			vuosittain	24		
PORI ⁶⁾	-74	40	4 ⁷⁾	3 v:n välein ⁸⁾	10	3 v:n välein ⁹⁾	60
MERIKARVIA ⁵⁾	-92	3	1	vuosittain	8		

1) Vertikaalisarjat, kesä kautena myös koontanäytteet

2) Kemiran kipsikasalla erillinen talvitarkkailu

3) Koonta + 1 metri

4) Lisäksi perustuotantotutkimuksia 7-8 kertaa /v

5) Kalankasvatuksen vaikutusten seuranta

6) Lisäksi 3 v:n välein koontanäytteet 6 kertaa kasvukauden aikana 18 pisteellä

7) Kemiran purkualueella 6 kertaa /v

8) Lisäksi a-klorofylli ja liukoiset ravinteet 13 pisteeltä kuusi kertaa tuotantokaudella

9) Vuosittain 5 havaintopaikalla; titaanin ja vanadiinin osalta 5 v:n välein 12 hav.paikalla

Taulukko 4. Kalataloustarkkailuohjelmat

ALUE	Kalastustiedustelut	Ammatti kalastuksen seuranta	Kalojen ikä- ja kasvumääritykset	Kutualueiden muutokset, levälinjat	Silakan mädin esiintyminen ja kuolleisuus kuturannoilla	Poikasnuottaukset
UKI	-01	vuosittain		-02, -04	-05	
PYHÄMAA ¹⁾						
RAUMA	-93, -97, -01	vuosittain	-93, -97, -01			-94, -97, -01
OLKILUOTO	-94, -98, -02	2 v:n välein	-98, -02	alkaen v. -75	-98, -99	
LUVIA	-04 ²⁾					
PORI	4 v:n välein ³⁾	vuosittain	ei	ei	ei	ei
MERIKARVIA	-04 ²⁾					

1) Pyhämaa kuuluu vertailualueena Ugin kalataloustarkkailuun

2) Luvia ja Merikarvia ovat vertailualueita Porin merialueen tarkkailussa

3) Seuranta aloitettu 1970-luvulla

5

Uudenkaupungin ja Pyhämaan edustan merialue

Teija Kirkkala ja Hanna Turkki

Uudenkaupungin rannikon edusta on harvaan asuttua sisä- ja välisaaristoa, jossa erikokoiset saaret ja niiden väliset salmet hallitsevat maisemaa. Veden keskisyvyys kaupungin lähivesillä on seitsemän metriä, suurimmat syvyydet ovat 20–35 metriä. Meriveden virtaukset vaikuttavat merkittävästi ravinnekuormituksen leviämiseen ja ravinteiden sekoittumiseen. Uudenkaupungin edustalla kulkee hidas rannikon suuntainen päävirtaus pohjoiseen. Hankosaaren länsipuolella esiintyy lisäksi paikallisia virtauksia, jotka suuntautuvat saariston syvimpiä uomia pitkin etelään ja pohjoiseen. Veden vaihtuvuus avovesikaudella onkin Hankosaaren länsipuolella ajoittain verraten hyvä. Tuulten puhaltaessa manteelelta pintavesi virtaa avomerelle ja syvältä kumpuaa tilalle uutta vettä, jolloin sisäsaariston uloimpien osien vesimassa vaihtuu melko lyhyessä ajassa. Hankosaaren ja makeavesialtaan sekä Hankosaaren ja kaupunginlahden väliset vesialueet sen sijaan jäävät sivuun rannikon suuntaisista virtauksista, joten vesi vaihtuu siellä hitaasti ja ravinnekuormituksen rehevöittävät vaikutukset korostuvat.

Kaupungin pohjoispuolelle padottu makeavesiallas (ks. tietolaatikko s. 35) on muuttanut huomattavasti virtausoloja kaupungin edustan merialueella ja vaikuttaa sen tilaan. Makeavesialtaaseen laskeva Sirppujoki on alueen ainoa merkittävä joki.

Pyhämaan merialue on avointa sisä- ja ulkosaaristoa, jossa avomeri ulottuu paikoitellen mantereen reunaan. Saaristovyöhyke on melko kapea ja harva, joten avomeren vaikutus tuntuu Mannervettä lukuun ottamatta voimakkaana rannikon lähivesiin asti. Veden keskisyvyys on 5–10 metriä ja suurimmat syvyydet ovat 15–20 metriä. Hidas rannikon suuntainen päävirtaus etelästä pohjoiseen jatkuu Pyhämaan edustalla. Tuulet ja vedenkorkeuden muutok-

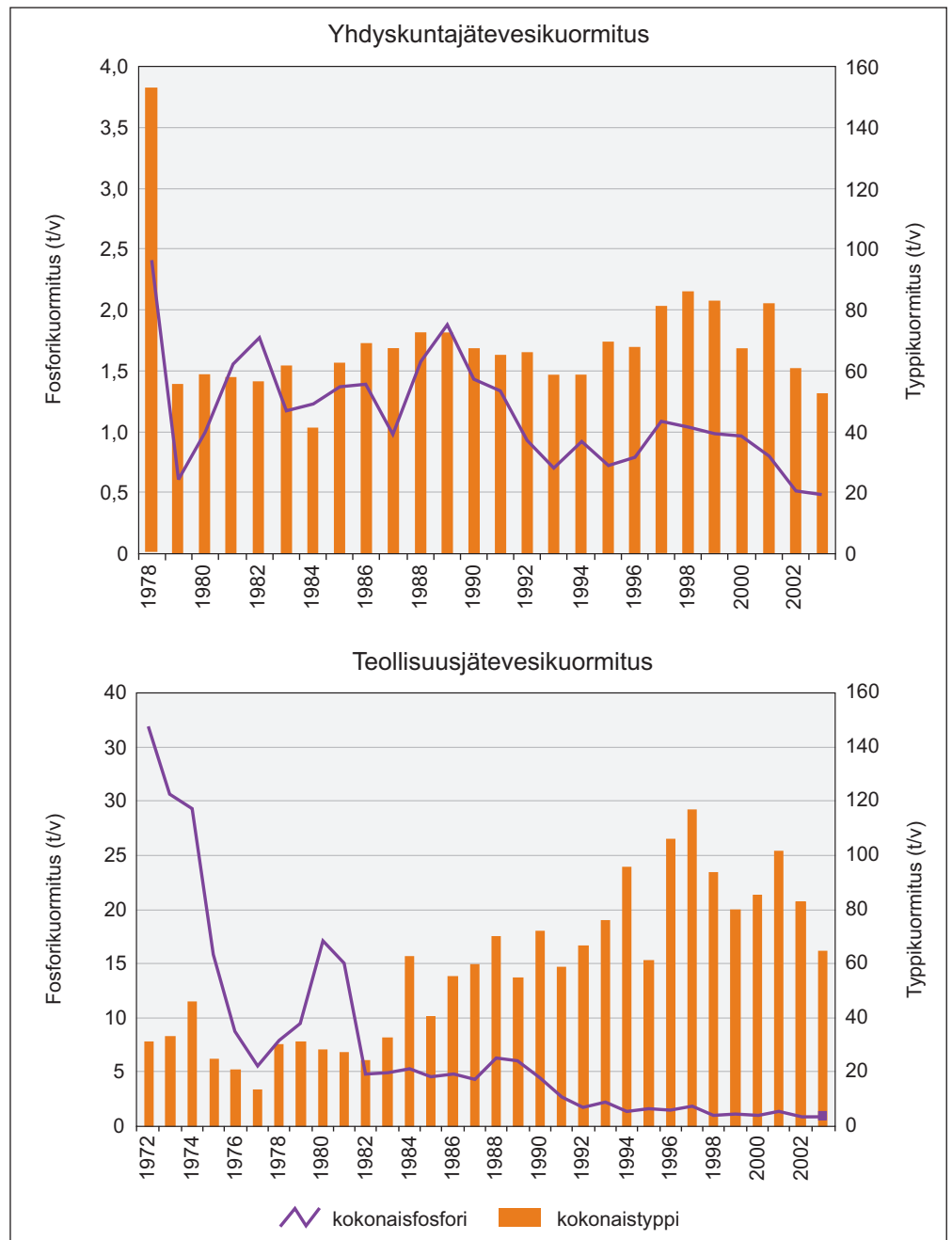
set aiheuttavat päävirtauksesta poikkeavia voimakkaita virtauksia, jolloin vesimassat vaihtuvat nopeasti ja vesi sekoittuu tehokkaasti.

Ravinnekuormitus Uudenkaupungin edustalla

Uudenkaupungin merialuetta kuormittavat kaupungin jätevedenpuhdistamon ja Kemira GrowHow Oyj:n tehtaiden jätevedet sekä Hankosaaren jätekipsialueelta suotautuvat vedet. Jätevesien mukana tuleva fosforikuormitus on pienentynyt 1980-luvun alusta alle kolmannekseen, mutta typpikuormitus on kasvanut (kuva 16). Uudenkaupungin jätevedenpuhdistamoa on vuosien 2003–2004 aikana saneerattu biologis-kemialliseksi tyypeä poistavaksi biosuodatinlaitokseksi, minkä seurauksena typpikuormitus vähenee. Hankosaaren jätekipsialueelta mereen suotautuvan fosfaattifosforin määrä on pienentynyt merkittävästi vuosina 1990–1993 toteutettujen vesiensuojelutoimenpiteiden seurauksena (ks. tietolaatikko s. 43).

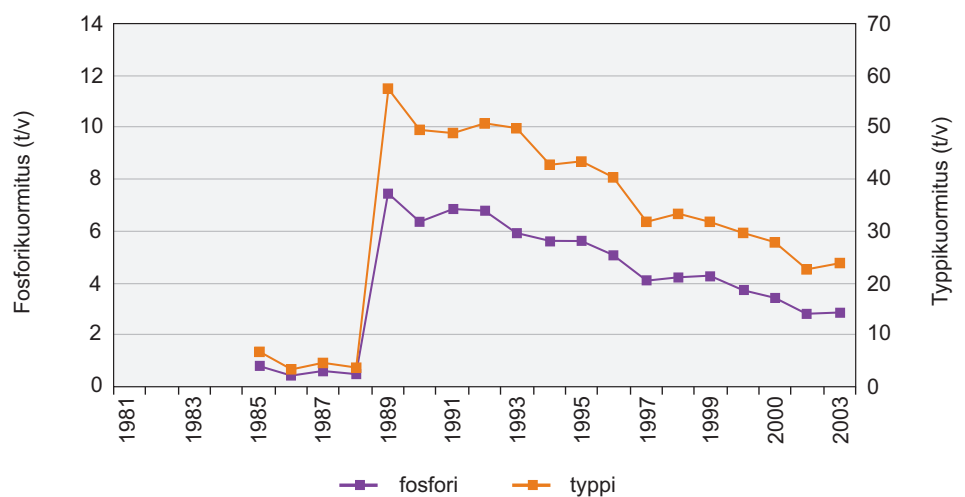
Merialueelle tulee ravinteita jätevesien ohella myös makeavesialtaasta. Sieltä virtaavat vesi- ja ravinne määrät vaihtelevat huomattavasti vuosittain ilmasto- ja sääolojen mukaan. Altaasta kulkeutuu fosforia mereen keskimäärin puolet jätevesien mukana tulevasta fosforimäärästä, mutta tyyppien määrä on lähes 1,5-kertainen (taulukko 5). Vuosijaksolla 2000–2003 Sirppujoen makeavesialtaaseen kuljettamasta fosforista päätyi mereen asti vajaa viidennes mutta tyypestä yli puolet. Pääosa alueelle kulkeutuvasta tyypestä eli noin 90 % on kasveille sellaisenaan käyttökelpoista nitraatti- ja ammonium-tyyppiä.

Poikkeuksellisen vähäsateisina vuosina 2002 ja 2003 Uudenkaupungin lähivesien tila oli huomattavasti parempi kuin



Kuva 16. Jätevesikuormituksen kehitys Uudenkaupungin merialueella.

Kuva 17. Kalankasvatuksesta aiheutuvan kuormituksen kehitys Uudenkaupungin ja Pyhämaan edustan merialueella.





Näkymä Kirstan salmesta Selkämerelle. Kuva: Ilmo Suikkanen.

aiempina vuosina, mikä viittaa hajakuormituksen merkitykseen tälläkin merialueella. Vaikka lähialueelta tulevan hajakuormituksen määrä lienee vähäinen, alueelle kulkeutuu ravinteita merialueen muista osista.

Uudenkaupungin merialueella on vuosina 1999–2003 toiminut neljä kalankas-

vattamoa, jotka kuormittavat vesiä paikallisesti. Laitokset sijaitsevat alueen eteläosassa Lokalahden Varanpään edustalla, Iso-Hylkimyksen saaren lähellä sekä alueen länsiosassa Putsaaren lähellä.

Taulukko 5. Uudenkaupungin merialueen ravinnekuormitus vv. 1995–1999 ja 2000–2003 (tonnia/v).

Kuormituslähde	Fosforia		Typeä	
	1995–1999	2000–2003	1995–1999	2000–2003
Jätevedet	2,2	1,7	165	148
Jätekipsialue	~ 10	4–7		
Makeavesiallas	0,9	0,8	250	181
Kalankasvatus	1,5	0,9	11,9	6,8

Uudenkaupungin makeavesiallas

Hanna Turkki ja Teija Kirkkala

Uudenkaupungin makeavesiallas padottiin vuonna 1965 mereen Sirppujoen suulle. Se toimii kaupungin raakavesilähteenä, ja sitä säännöstellään vesioikeuden lupapäätöksen mukaisesti. Altaan pinta-ala on 37 km², tilavuus 165 milj. m³ ja keskiyvyys 4,4 metriä. Teoreettiseksi viipymäksi on arvioitu 16–17 kuukautta. Allas jakautuu kahteen saarijonon erottamaan osa-alueeseen: Velhoveteen ja Ruotsinveteen.

Makeavesialtaan veden laatu on pitkälti riippuvainen Sirppujoesta, jota kuormittavat haja-kuormituksen lisäksi Laitilan kaupungin jätevedet. Sirppujoen valuma-alue käsittää lähes 90 prosenttia makeavesialtaan 500 km²:n laajuisesta valuma-alueesta. Sirppujoen valuma-alueella on runsaasti sulfidimaita, joten altaaseen päätyvä vesi on hapanta. Happamuutta osoittava pH-arvo on ollut kymmenen vuoden (1995–2004) keskiarvona 6,1.

Happamat sulfidimaat sitovat fosforia ja toisaalta vapauttavat tyypeä pääasiassa ammonium-typpeä. Suurin osa Sirppujoen tuomasta fosforista saostuu makeavesialtaan pohjalle veden happamuudesta johtuen, joten allasveden fosforipitoisuudet ovat pääosin erittäin pieniä. Viimeisten kymmenen vuoden (1995–2004) keskiarvona kokonaisfosforipitoisuus oli vain 8 mikrogrammaa litrassa (µg/l). Altaasta mereen virtaavassa vedessä on sitä vastoin runsaasti epäorgaanisia typpiyhdisteitä. Keskimääräinen veden kokonaistypen pitoisuus (1995–2004) Ruotsinvedellä oli 2 100 µg/l ja nitriitti-nitraattitypen pitoisuus 1 700 µg/l.

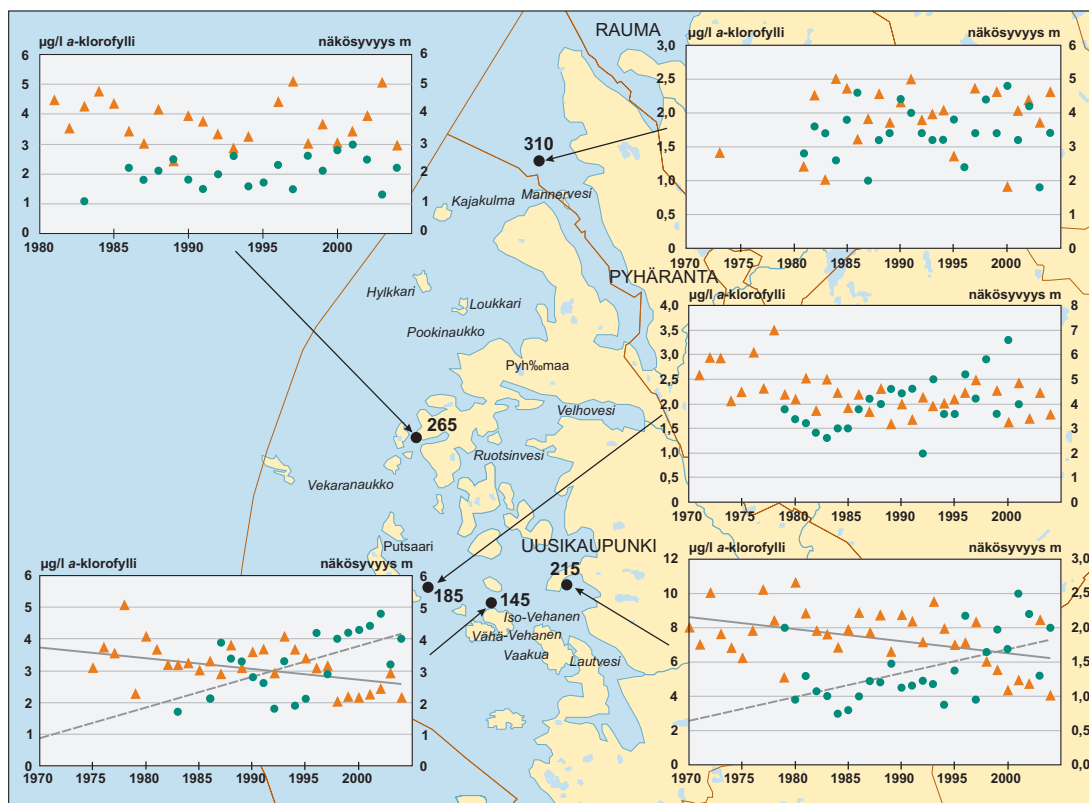
Merkittäviä muutoksia allasalueen ekologiaan

Ennen makeavesialtaan rakentamista Sirppujoen suiston edustalla lainehti murtovesi, jonka pH oli 7,0–8,0. Vuoden kuluttua patoamisesta veden suolapitoisuus oli selvästi laskenut ja altaassa alkoi esiintyä jopa kalakuolemiin johtaneita happamuushaittoja. Myös alueen kasvilajisto muuttui huomattavasti.

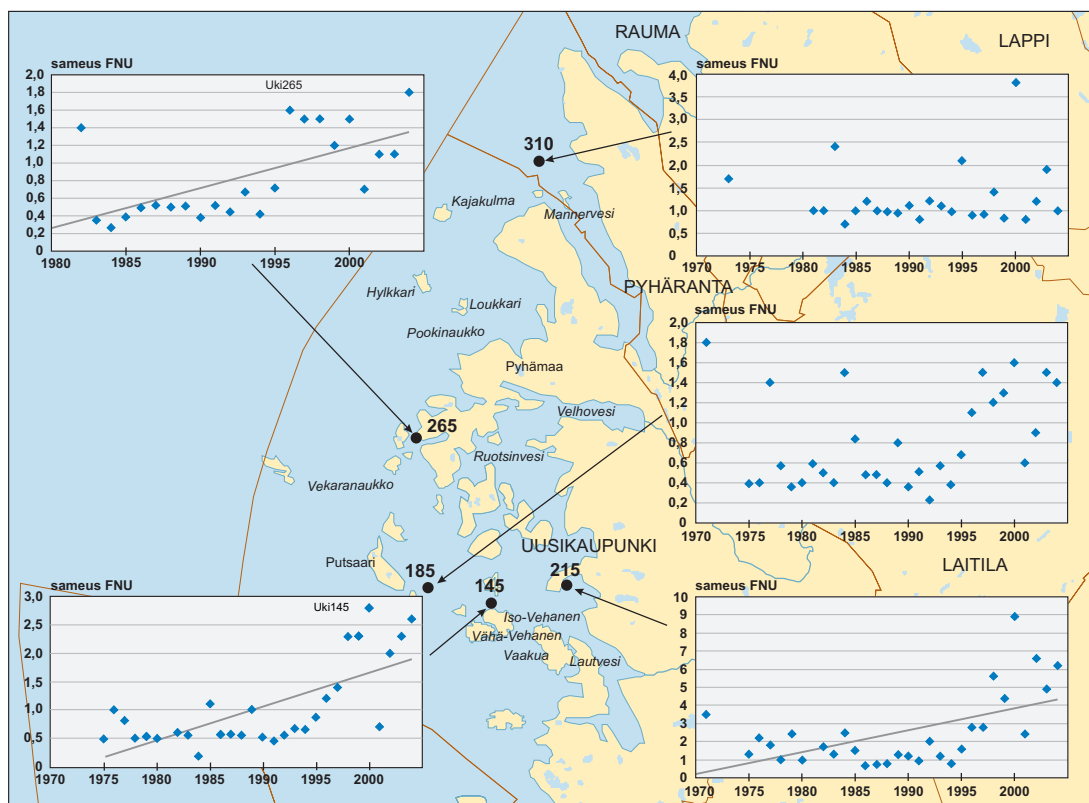
Jo ennen padon rakentamista Sirppujoen suun oli vallannut rehevä kasvillisuus, johon murtoveden lajien lisäksi kuului sekä suolaiseen että makeaan veteen sopeutuneita lajeja. Vallitsevina olivat järviruoko ja järvikaisla sekä kelluslehtiset kasvit kuten ulpukka. Rentovihvilää, joka altaan valmistumisen jälkeen levittäytyi jopa satojen hehtaarien alalle, oli vain oijen suulla ja Sirppujoen suistossa. Tämän vesikasvin maamuotoa on tiettävästi esiintynyt aiemmin Sirppujoen latvajärvien rannoilla.

Ensimmäiset tiedot rentovihvilän huomattavasta runsastumisesta kirjattiin kaksi vuotta altaan rakentamisen jälkeen. 1970-luvun puolivälissä lajin todettiin vallanneen kaikki alueet, joilla kasvuyvyys oli alle 2,5 metriä. Menestymistä makeavesialtaassa edisti se, että uposkasvina rentovihvilä pystyy hyödyntämään veteen liuennutta hiilidioksidia. Kun vesi on hapanta, sen sisältämästä hiilestä valtaosa on vapaana, suoraan käyttökelpoisena hiilidioksidina. Rentovihvilän uposmuodon voimakas kasvu happamassa vedessä perustuu myös rakenteellisiin ja fysiologisiin sopeumiin. Veden pH:n muuttuessa 1970- ja 1980-luvun jälkeen rentovihviläkasvustot vähenivät.

Kun patoamisesta oli kulunut 25 vuotta, makeavesialtaasta oli kehittynyt kirkasvetinen ja niukkatuottoinen ekosysteemi. Murtovesivaiheen vesikasvit katosivat jo 1970-luvulla, ja seuraavan vuosikymmenen aikana alueelle kotiutui useita makeanveden lajeja. Uusia tulokkaita olivat järvien upos- ja kelluslehtiset kasvit. Jos allasta ei olisi rakennettu, kasvillisuus olisi todennäköisesti kehittynyt samaan suuntaan kuin ympäröivällä merialueella. Matalilla rannoilla kasvipeite olisi todennäköisesti rehevöitymisen myötä lisääntynyt, mutta kasvilajisto olisi toisenlainen.

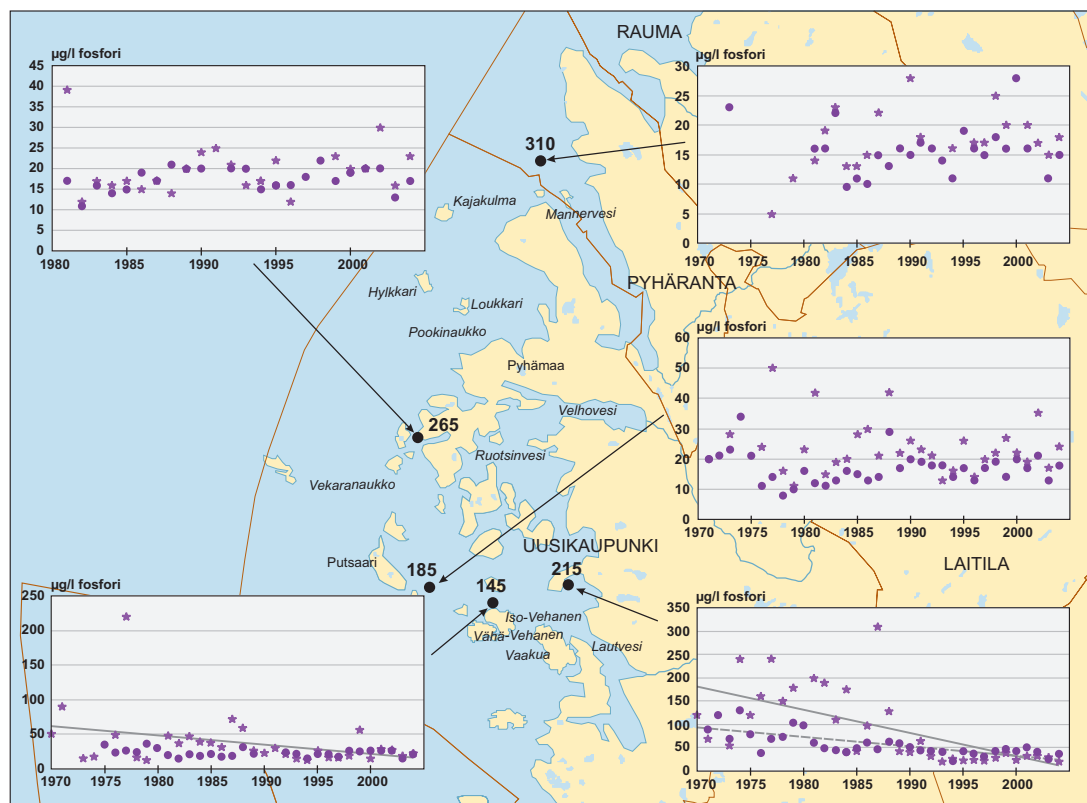


Kuva 18. Veden a-klorofyllipitoisuuden ja näkösyvyyden kehitys loppukesällä Uudenkaupungin ja Pyhämaan edustan merialueella. Tilastollisesti merkitsevät muutossuunnat on merkitty viivoilla (lin.). Huom. Kuvien asteikot vaihtelevat.



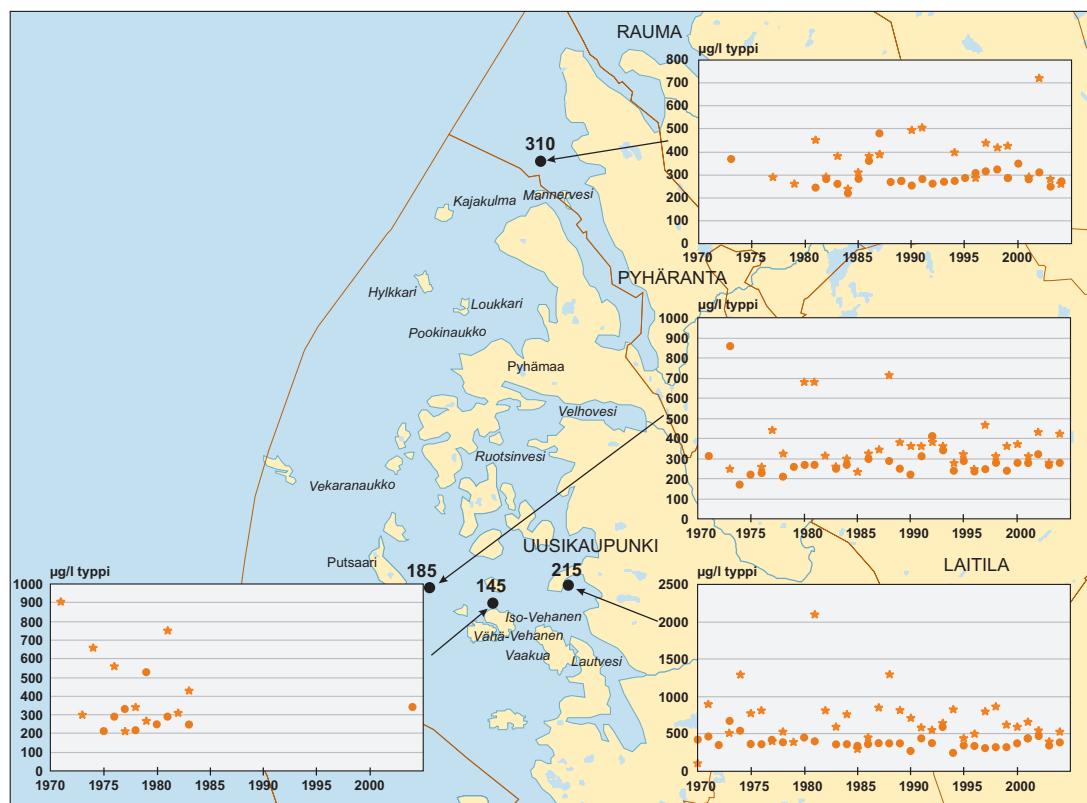
Kuva 19. Veden sameuden kehitys loppukesällä Uudenkaupungin ja Pyhämaan edustan merialueella.





Kuva 20. Veden kokonaisfosforipitoisuuden kehitys lopputalvella ja loppukesällä Uudenkaupungin ja Pyhämaan edustan merialueella.

• kok.P loppukesä — lin. (kok.P loppukesä)
 * kok.P lopputalvi — lin. (kok.P lopputalvi)



Kuva 21. Veden kokonaistypipitoisuuden kehitys lopputalvella ja loppukesällä Uudenkaupungin ja Pyhämaan edustan merialueella.

• kok.N loppukesä — lin. (kok.N loppukesä)
 * kok.N lopputalvi — lin. (kok.N lopputalvi)

Merialueen tilan kehitys

Uudenkaupungin lähivedet Vaakuan ja Koiviston salmiin saakka, eli noin kolmen kilometrin päähän rannikosta, luokiteltiin 1990-luvulla käyttökelpoisuudeltaan tyydyttäväksi ja siitä länteen hyväksi. Tyydyttäväksi luokiteltava alue on 2000-luvun alussa laajentunut 5–6 kilometrin päähän rannikosta. Sekä makeavesiallas että Pyhämaan edustan merialue ovat käyttökelpoisuudeltaan hyvässä luokassa.

Kesällä Uudenkaupungin sisäsaariston vedet kerrostuvat yleensä lämpötilan mukaan, mutta kerrostumisen pysyvyys ja kerrosteisuuskauden pituus vaihtelevat huomattavasti. Happivajetta esiintyy lähinnä pienialaisissa syvänteissä, kun tuotantokerroksesta vajoava orgaaninen aines hajoaa alusvedessä. Lievää, joskus huomattavaakin happivajetta on havaittu myös ulkosaariston syvänteissä. Talvella merialueen happitilanne on yleensä kokonaisuutena hyvä, joskin vajausta esiintyy syvänteissä paikallisesti.

Vesi on sameinta jätevesien purkualueella ja muualla sisäsaaristossa. Veden läpinäkyvyys on Uudenkaupungin sisäsaaristossa heikentynyt 1980-luvun lopulta lähtien, ja ulkosaaristossakin on havaittu näkösyvyyden vähittäistä pienenemistä (kuva 18). Sekä sameusarvot että kiintoainepitoisuudet ovat kasvaneet 1990-luvun lopulla ja 2000-luvulla koko Uudenkaupungin merialueella, joskin ulkosaariston vesillä mitatut sameusarvot ovat edelleen pieniä (kuva 19). Vastaavaa sameuden lisääntymistä ei ole havaittu esimerkiksi Pyhämaan Truutin-pauhan havaintoasemalla (numero 310). Loppukesällä keskimääräinen näkösyvyys oli vuosina 2000–2004 lähes kaikilla Uudenkaupungin merialueen havaintopaikoilla 25–66 % pienempi kuin vuosina 1990–1994 (kuva 23).

Meriveden fosforipitoisuudet kaupungin lähivesissä ja Hankosaaren ympäristössä ovat pienentyneet merkittävästi 1970- ja 1980-luvun tilanteeseen verrattuna (kuva 20). 1990-luvun loppupuolella suotuisa kehitys näyttää pysähtyneen. Sisäsaariston pitoisuudet ovat noin kaksinker-

taisia avomerren reunan taustapitoisuuksiin verrattuna. Ulompana merellä fosforitaso ei ole juuri muuttunut (kuva 24). Uudenkaupungin jätevesien selvä vaikutus on osoitettavissa Hankosaaren tiepenkereen pohjoispuolella. Hankosaaren lähivesien tilaan vaikuttavat merkittävästi Kemiran lannoitetehtaan jätevesien ja jätekipsialueen fosforipäästöt.

Typpipitoisuudet vaihtelevat paljon, eikä niissä yleensä ole havaittavissa selvää muutossuuntaa (kuvat 21 ja 25). Makeavesialtaasta mereen virtaava vesi sisältää runsaasti epäorgaanisia typpiyhdisteitä, jotka ajoittain lisäävät meriveden typpipitoisuutta merkittävästi. Allasveden typpipitoisuudet ovat vähintään 4–5-kertaisia ympäröivän merialueen veteen verrattuna, ja toisin kuin meren puolella, typpi on pääosin epäorgaanisessa, suoraan leville käyttökelpoisessa muodossa. Merialueella päällysveden typpipitoisuudet ovatkin olleet 1990-luvun lopun ja 2000-luvun alun leutoina ja sateisina talvina varsin korkeita makeavesialtaasta virranneiden vesien vuoksi. Toisaalta hyvin vähän fosforia sisältävä allasvesi laimentaa meriveden fosforipitoisuuksia ja parantaa pintakerroksen veden vaihtumista.

Rannikon lähivesissä *a*-klorofyllin pitoisuus loppukesällä on kaksinkertaistunut 1980-luvun alkuun nähden (kuva 18). Klorofyllimäärien kasvu on nähtävissä myös ulommalla merialueella. Loppukesän keskimääräiset klorofyllitasot ovat 2000-luvun alussa olleet koko merialueella 16–46 % korkeampia kuin 10 vuotta aiemmin (kuva 26), vaikka ravinnepitoisuuksissa ei ole havaittavissa merkittävää muutosta. Osasyynä levämäärän kasvuun lienevät 2000-luvun alun suotuisat säät.

Paikalliset ravinnepäästöt sekä pohjoiselta Saaristomereltä virtaavan veden vaikutukset ovat aiheuttaneet lievää rehevöitymistä myös Putsaaren aukon pohjoisreunassa aina Lyökkiin asti, koska rannikon suuntainen meriveden päävirtaus kuljettaa ravinteita pohjoiseen. Rehevöityminen on ilmennyt fosforipitoisuuden ja kasviplanktonin perustuotantokyvyn kohoamisena taustasta.

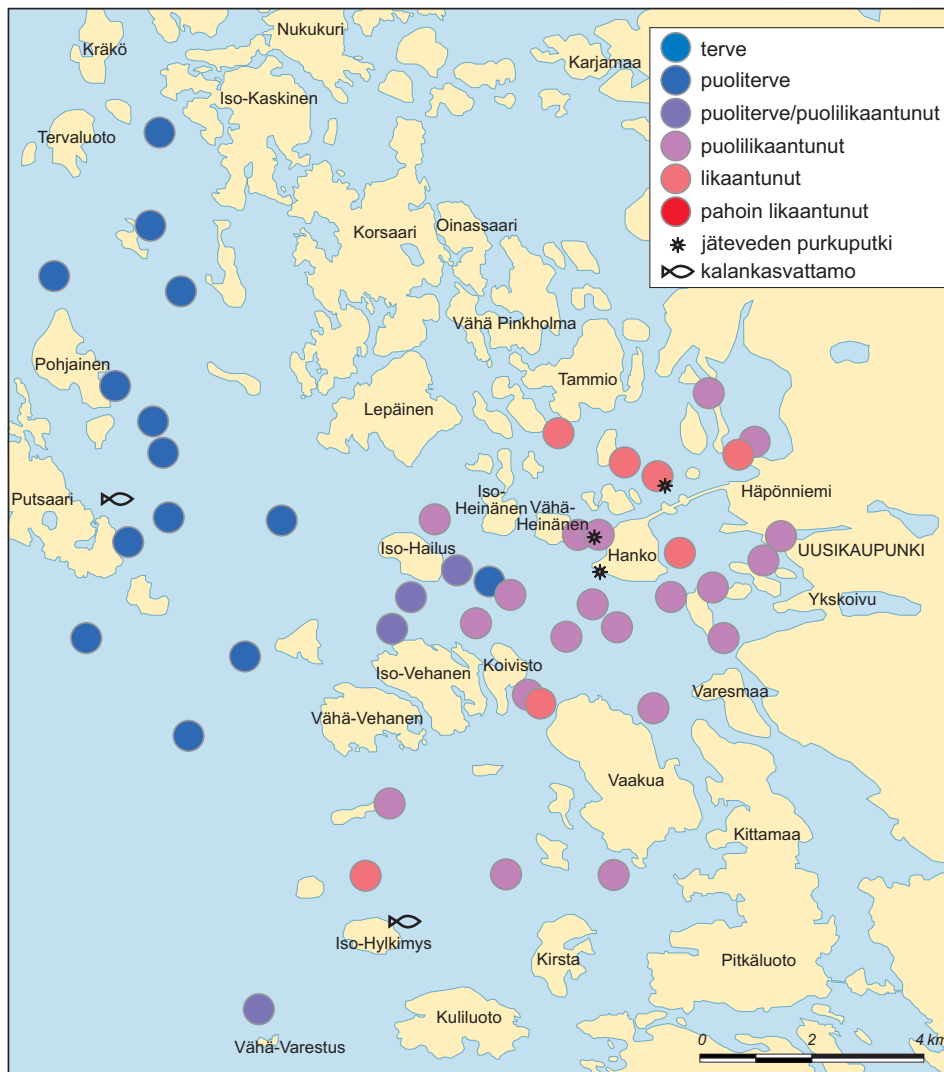
Kasvillisuus- ja pohjaeläintutkimukset

Vuosina 1990–2001 tehtyjen kasvillisuus-tutkimusten perusteella Uudenkaupungin merialue on rehevöitynyt. Ulkosaaristossa useimmat vesikasvit runsastuivat 1990-luvulla. Tyypillisimpiä ja biomassaltaan merkittävimpiä ovat tähkä-ärviä, ahvenvita, hapsivita, merihapsikka, järviruoko, ahdinparta, pilviruskolevä ja rakkolevä. Myös ns. välisaaristossa suuri osa lajeista on runsastunut, mutta erityisesti suojaisimmilla paikoilla jotkin lajit ovat jo taantuneet rehevöitymisen takia.

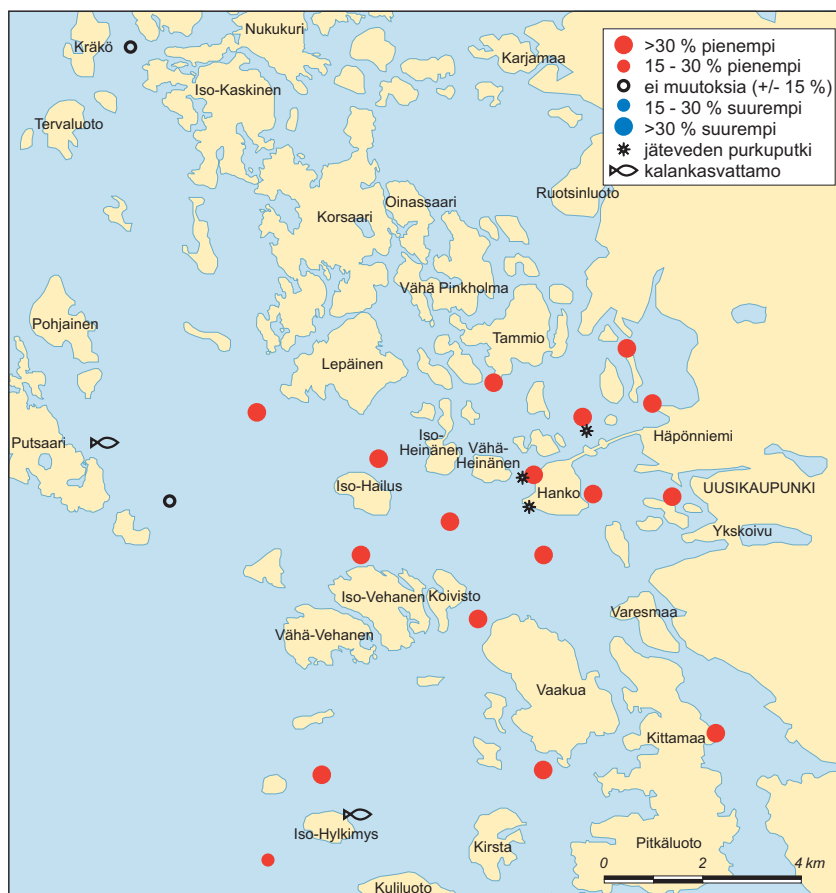
Monet sisäsaariston luonnehtijalajit kuten pyörösätkin, kalvasärviä, uposvesitähti, hapsivita, ristilimaska ja ahdinparta ovat taantumassa päällykslevien lisääntymisen ja pohjien liettymisen seurauksena. Pehmeäpohjaisissa lahdenpohjukoissa viih-

tyvät näkinpartaiset ja merinäkinruoho ovat säilyneet entisellään, ja esimerkiksi karvalehti ja ahvenvita ovat runsastuneet. Yllättäen myös rakkoleväkasvustot ovat laajentuneet.

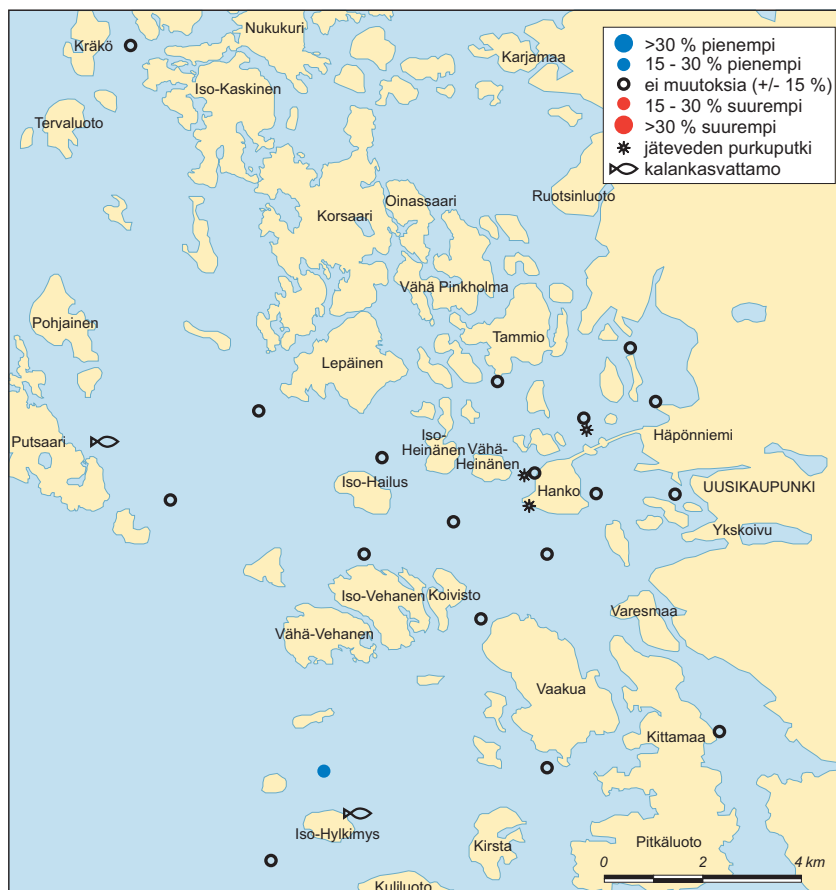
Uudenkaupungin merialueen pohjaeläimistön yleistila näyttää heikentyneen 1980-luvun loppupuolella, eikä tilanne ole viime vuosina selvästi parantunut. Sen sijaan kaupungin lähivesien pohjan tila on vähitellen paranemassa. Täysin kuolleita, pahoin likaantuneita alueita ei ole enää 1990- ja 2000-luvulla esiintynyt koko merialueella (kuva 22). Likaantuneen pohjan ala on samoin pienentynyt 1990-luvun alkupuolella. Vuosien 2002 ja 1996 välillä ei ollut merkittäviä eroja pohjaeläimistön tilassa. Uudenkaupungin lähivesien tila oli parantunut, mutta toisaalta puoliliikaantuneen pohjan ala varsinkin välisaaristossa oli laajentunut.



Kuva 22. Pohjan tila Uudenkaupungin edustan merialueella vuonna 2002 tehtyjen pohjaeläintutkimusten perusteella.



Kuva 23. Veden keskimääräisen näkösyvyyden muutos Uudenkaupungin edustan merialueella loppukesällä vuosina 2000–2004 verrattuna vuosiin 1990–1994.

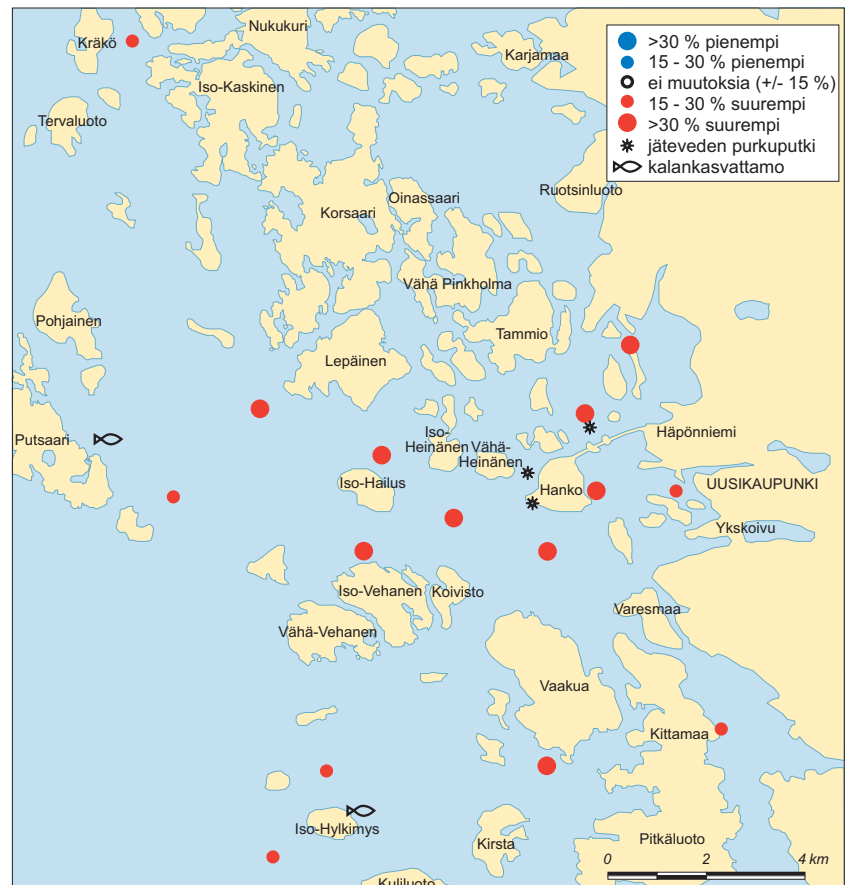


Kuva 24. Veden keskimääräisen kokonaisfosforipitoisuuden muutos Uudenkaupungin edustan merialueella loppukesällä vuosina 2000–2004 verrattuna vuosiin 1990–1994.

Kuva 25. Veden keskimääräisen kokonaistyyppipitoisuuden muutos Uudenkaupungin edustan merialueella loppukesällä vuosina 2000–2004 verrattuna vuosiin 1990–1994.



Kuva 26. Veden keskimääräisen klorofyllipitoisuuden muutos Uudenkaupungin edustan merialueella loppukesällä vuosina 2000–2004 verrattuna vuosiin 1990–1994.



Pyhämaan edustan tila parantunut

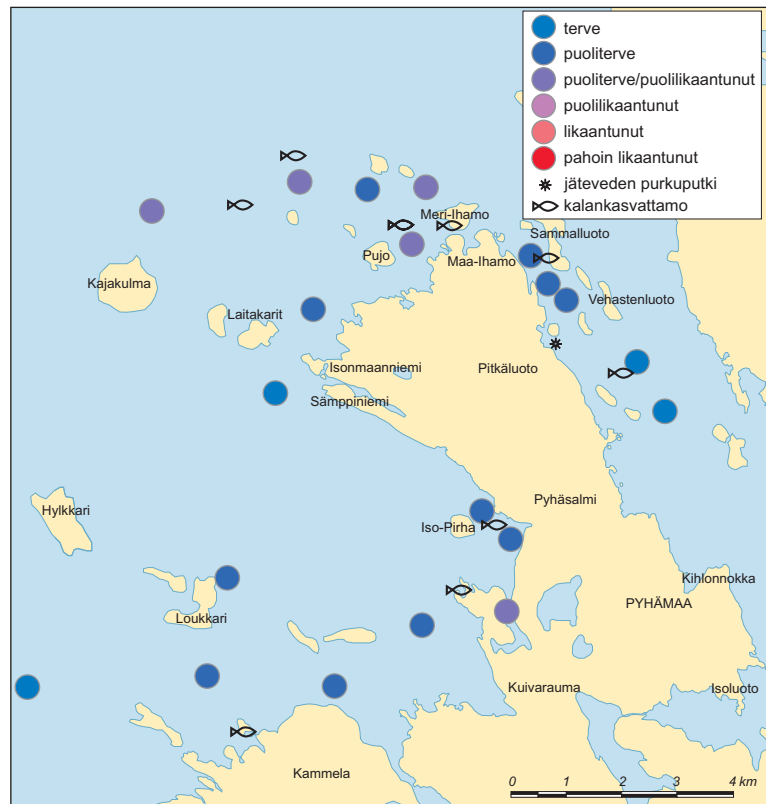
Pyhämaan merialueelle purkautuu makeita vesiä vähän, joten maa-alueilta luontaisesti tai hajakuormituksena huuhtoutuvat aine-määrät ovat verraten pieniä. Mannerveden perukkaan laskevan Ihodenjoen valuma-alue on 195 km² ja keskivirtaama 1,5 m³/s. Pyhämaan alueella toimii viisi kirjolohta tuottavaa kalankasvattamoa, joilla on yhteensä yhdeksän laitossyksikköä.

Pyhämaan edustalla meriveden laatu on vastannut suunnilleen Selkämeren eteläosan rannikkovesien taustapitoisuuksia. Veden yleinen käyttökelpoisuus on arvioitu keskimäärin hyväksi, ajoittain jopa erinomaiseksi. Kalankasvatuksen rehevöittävät vaikutukset ovat näkyneet lähinnä alueilla, joilla veden vaihtuvuus on huono, kuten Mannervedellä ja Pyhäsalmissa. Siellä on havaittu muutoksia myös päällyslävästön määrässä ja pohjaeläimistössä. Kalankasvatuksesta aiheutuva kuormitus on pienentynyt lähes kymmenesosaan 1990-luvun alun tilanteesta (kuva 17), ja se näkyy alueen vedenlaadun paranemisena. Päinvastoin kuin Uudenkaupungin edustalla, kesän keskimääräiset klorofyllimäärät ovat 2000-luvun alussa olleet Pyhämaan merialueella pääsääntöisesti pienempiä kuin 1990-luvun

alussa ja näkösyvyys vastaavasti parempi (kuvat 28 ja 29). Kesäaikaiset fosforipitoisuudet eivät ole juuri muuttuneet (kuva 30), mutta sen sijaan typpipitoisuus on vuosina 2000–2004 ollut jonkin verran pienempi kuin 10 vuotta aiemmin (kuva 31). Truutin-pauhan asemalla meriveden kesäiset fosfori- ja typpipitoisuudet ovat pysyneet suhteellisen pieninä viimeisten 25 vuoden ajan, mutta talviset pitoisuudet ovat kasvaneet.

Pyhämaan merialueella tehtiin pohja-eläintutkimus vuonna 2001 (kuva 27). Kalankasvattamojen lähiympäristön pohjan tilassa ei ole tapahtunut merkittäviä muutoksia 1980-luvulta vuoteen 2001. Jo vuonna 1983 todettu lievä paikallinen rehevöityminen on edelleen osoitettavissa. Sekä kasvattamojen lähialueiden että vertailupohjana käytettyjen havaintopaikkojen pohja-eläimistö on kuitenkin huomattavasti muuttunut, mahdollisesti Selkämerellä runsastuneen tulokaslajin, amerikansukasmadon, vaikutuksesta. Valko- ja liejukatkat ovat oleellisesti vähentyneet ja harvinaistuneet vuoden 1996 jälkeen; niiden kannat ovat palautuneet 1970-luvun tasolle. Näillä lajeilla esiintyy kuitenkin voimakkaita luontaisiakin kannanvaihteluja, joten havaittuja muutoksia ei varmuudella voi kytkeä vedenlaadun muutoksiin tai tulokaslajeihin.

Kuva 27. Pohjan tila Pyhämaan edustan merialueella vuonna 2001 tehtyjen pohja-eläintutkimusten perusteella.



Peter Westerholm ja Harri Helminen

Rikkihappo Oy perusti vuonna 1965 Uuteenkaupunkiin lannoitteita valmistavan toimipaikan, joka sijoitettiin Hankosaarelle kauniiseen sisäsaaristoon. Omistajayhtiön nimi vaihtui vuonna 1972 Kemira Oy:ksi. Myöhemmän yhtiöittämisen seurauksena syntynyt Kemira Agro Oy eriytettiin emoyhtiöstä itsenäiseksi Kemira GrowHow Oy:ksi vuonna 2004. Yhtiön Uudenkaupungin tuotantolaitos toimii edelleenkin moniravinteisten lannoitteiden valmistajana.

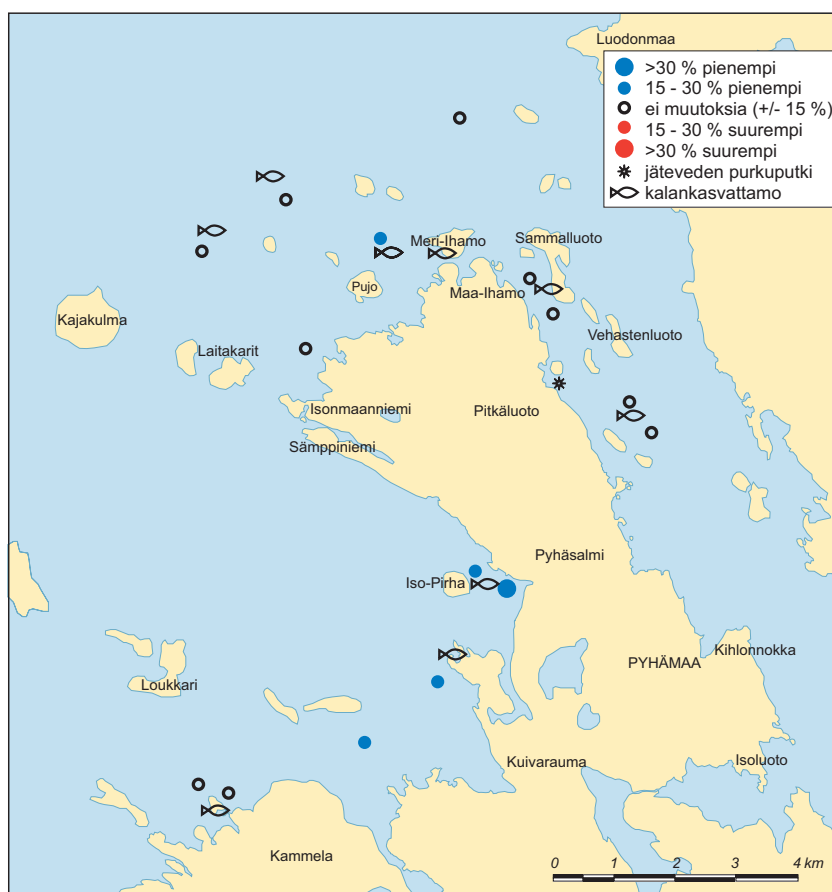
Nykyisin Uudenkaupungin tehtaot tuottavat vuosittain noin miljoona tonnia NPK-lannoitteita. Lisäksi toimipaikan tuotantoyksiköissä valmistetaan typpihappoa. Lannoitetuotantoon tarvittavaa fosforihappoa valmistettiin tehtailla vuosina 1965–1991. Prosessin sivutuotteena syntyvä kipsi johdettiin aluksi eurooppalaisen esimerkin mukaisesti mereen, minkä seurauksena kaupungin lähivedet rehevöityivät. On arvioitu, että meriveteen lietetyn kipsin aiheuttama fosforikuormitus oli vuonna 1966 n. 100 kg/vrk. Tuotannon lisääntyessä kuormitus ylitti jopa tason 500 kg/vrk vuonna 1968.

Vuodesta 1968 alkaen jätekipsi läjitettiin Hankosaaren eteläreunalle merenlahteen padotulle alueelle, ja tehtaalla toteutettiin suljetut prosessivesikierrot. Tämän jälkeen fosforikuormitus ilmeisesti väheni alle tason 100 kg/vrk, mutta se lienee vaihdellut olosuhteiden mukaan. Jätekipsialueelta mereen joutuvaa kuormitusta on pyritty seuraamaan fosforitasemittauksin ottamalla säännöllisesti näytteitä määrätyistä paikoista ja tutkimalla pitoisuusmuutoksia. Fosforikuormituksen on arveltu nousseen selvästi yli tason 100 kg/vrk kesään 1975 mennessä. Kun padon sisäpuolinen alue alkoi täyttyä, altaan vesi kalkittiin ja poistettiin, mikä vähensi kuormitusta tuntuvasti vuosina 1975–1976. Taselaskelmista arvioitu kuormitus kipsialueelta padon läpi mereen on ollut korkeimmillaan vuosina 1979–1980 tasolla 300–500 kg/vrk.

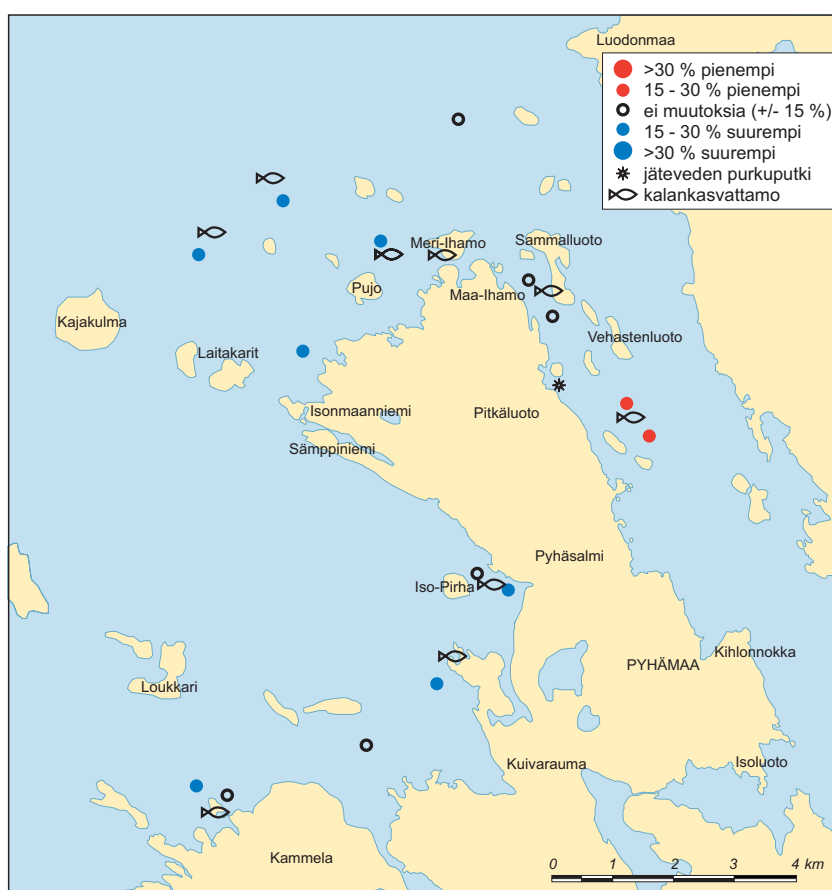
Kun fosforihappotuotanto Uudessakaupungissa lopetettiin vuonna 1991, jätekasaan oli kertynyt kipsiä noin seitsemän miljoonaa tonnia. Kasa muotoiltiin ja pinnoitettiin tiiviillä moreenikerroksella veden sisäänpääsyn estämiseksi. Tällöin myös kasasta patoon kohdistuva pohjaveden paine väheni ja kuormittava suotautuminen padon edustalle saatiin pienentymään. Virtaus- ja vedenlaatumallien perusteella on arvioitu, että kipsikasan aiheuttama fosforikuormitus on nykyisin 10–20 kg/vrk eli 4–7 tonnia vuodessa.

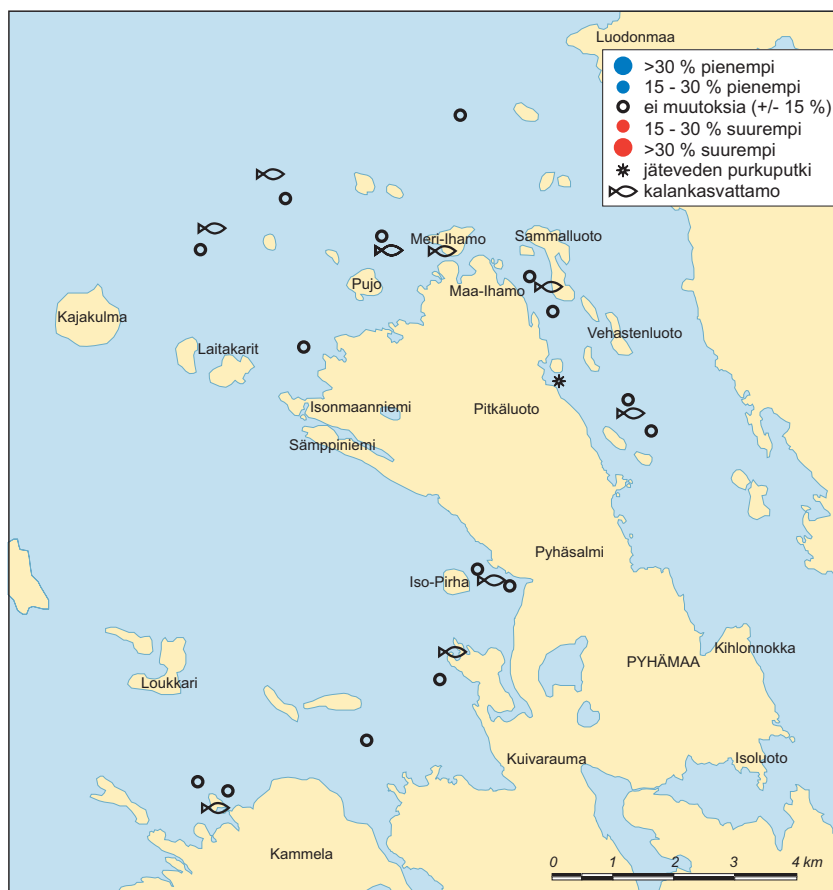
Jätekipsikasa oli vielä 1980-luvulla eteläisen Selkämeren suurin yksittäinen pistekuormittaja. Vesiensuojelutoimien seurauksena sen aiheuttama fosforikuormitus on pudonnut murtoosaan alkuvuosien tasosta, mutta vieläkin se on yhtä suuri kuin muut Uudenkaupungin vesialueelle tulevat päästöt yhteensä. Merialueen tila on parantunut, ja tehdyt ratkaisut ympäristön tilan saattamiseksi toivotulle tasolle ovat olleet oikeaan osuneita. Tilannetta seurataan jatkuvasti sekä velvoitetarkkailuin että omin tutkimuksin niin merialueen tilan kuin kalataloudenkin osalta. Tuotannolle myönnettyjen lupaehtojen sallimat fosforikuormitusrajat alittuvat selvästi. Entisestä merialuetta kuormittavasta kipsikasasta on nyt kehittynyt kasvistoltaan ja linnustoltaan monipuolinen Vihervalli, ja lähialueen veden laatu on parantumassa kohti taustakuormituksen sallimaa tasoa.

Kuva 28. Veden keskimääräisen klorofyllipitoisuuden muutos Pyhämaan edustan merialueella loppukesällä vuosina 2000–2004 verrattuna vuosiin 1990–1994.

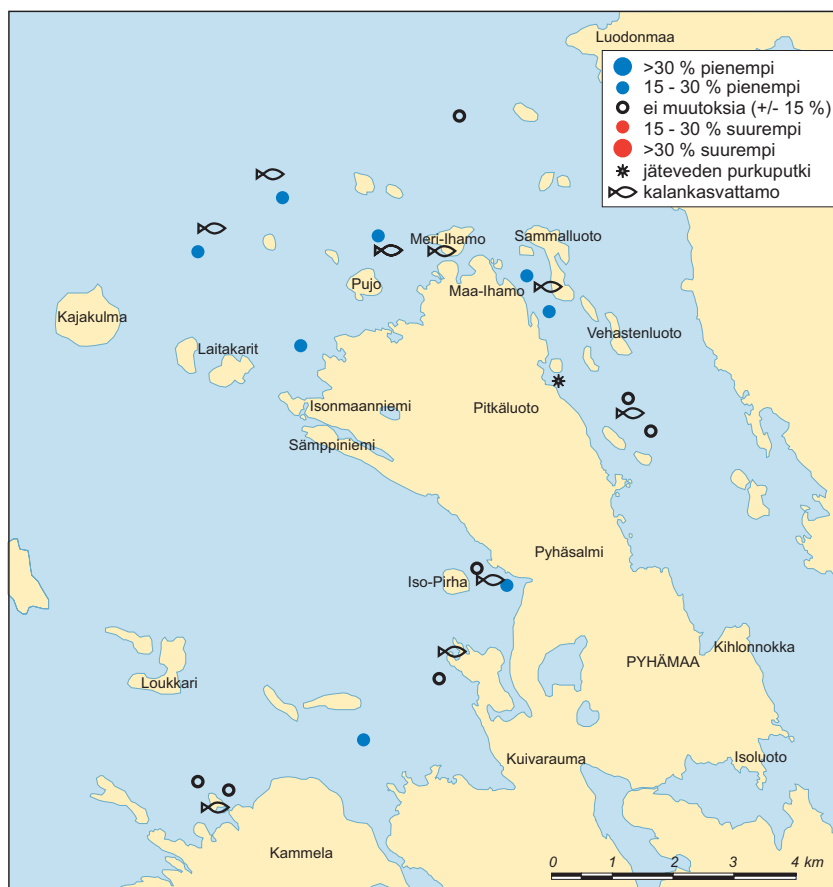


Kuva 29. Veden keskimääräisen näkösyvyyden muutos Pyhämaan edustan merialueella loppukesällä vuosina 2000–2004 verrattuna vuosiin 1990–1994.





Kuva 30. Veden keskimääräisen kokonaisfosforipitoisuuden muutos Pyhämaan edustan merialueella loppukesällä vuosina 2000–2004 verrattuna vuosiin 1990–1994.



Kuva 31. Veden keskimääräisen kokonaistyppipitoisuuden muutos Pyhämaan edustan merialueella loppukesällä vuosina 2000–2004 verrattuna vuosiin 1990–1994.

Sirppujoki tuo rannikolle hapanta vettä

Sirppujoki virtaa Laitilan ja Uudenkaupungin Kalannin läpi ja purkautuu Velho-veteen Uudenkaupungin makeavesialtaaseen. Joen vesistöalueen pinta-ala on 438 km², josta peltojen osuus on 25 ja järvisyys 2 prosenttia. Pääosa pelloista sijaitsee joen keskiosalla Laitilan alueella. Vesistöalueen latvaosien pienet, matalat järvet ovat varsin humuspitoisia, ja niiden ongelmana on hajakuormituksesta johtuva rehevöityminen. Monissa alueen järvissä esiintyy limalevää.

Sirppujoen vesistöalue on vanhaa Litorinameren pohjaa, jonka sulfidimailta liukenee veteen happamia yhdisteitä. Veden happamuus vaihtelee voimakkaasti. Keväisin ja syksyisin pH on tavallisesti alle kuuden, mutta alle viidenkin pH-arvoja on mitattu kaikkina vuodenaikoina. Ylei-

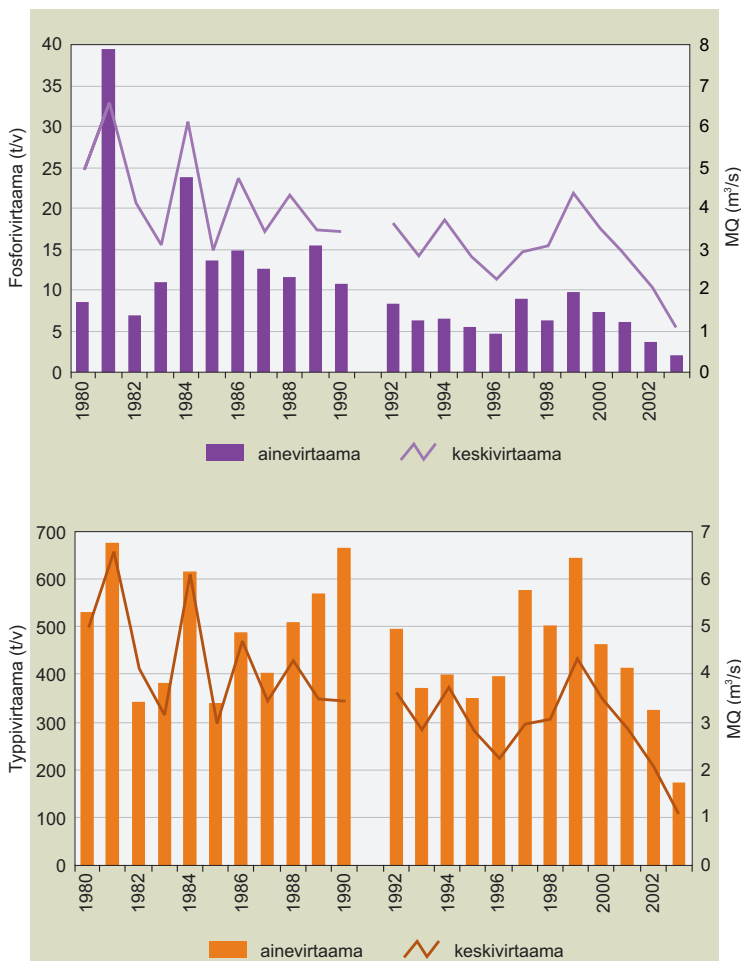
sen käyttökelpoisuusluokituksen mukaan Sirppujoen vesi on laadultaan välttävä. Tilaa heikentävät happamuuden lisäksi veden ajoittain huono hygieeninen tila.

Jokiveden happamuus aiheuttaa ajoittain ongelmia Uudenkaupungin makeavesialtaassa. Toisaalta joen kuljettama fosfori saostuu happamuuden takia altaan pohjaan, joten hajakuormituksella on fosforin osalta vähäinen merkitys Uudenkaupungin edustan merialueen kuormittajana.

Sirppujokea kuormittavat Laitilan kaupungin biologis-kemiallisesti käsitellyt jätevedet. Aiemmin jokeen johdettiin myös Kalannin jätevedet, mutta ne on vuodesta 1986 lähtien johdettu Uudenkaupungin keskuspuhdistamoon. Pääosa Sirppujoen ravinnevirtaamasta on yleensä hajakuormitusta. Vähävirtaamaisina aikoina jätevesien merkitys korostuu, mikä ilmenee BHK₇-arvojen ja fosfori- ja typpipitoisuuksien kasvuna sekä veden hygieenisen laadun huononemisenä. Sirppujoen valuma-alueella on tehty useita perkauksia tulvasuojeluun liittyen. Viimeisin toteutettiin vuosina 1989–1995.

Sirppujoen ainevirtaamat vaihtelevat vuositasona pääosin sääolosuhteiden mukaan (kuva 32). Vuosijaksolla 1990–2002 Sirppujoki kuljetti makeavesialtaaseen vuoden aikana keskimäärin 6,8 tonnia fosforia ja 465 tonnia typpeä. Sirppujoki on valuma-alueeltaan samansuuruinen kuin Lapinjoki. Sen kuljettama fosforimäärä oli samaa tasoa kuin Lapinjoen, mutta typpimäärä oli kaksinkertainen. Myös Sirppujoen fosfori- ja typpivirtaamat olivat poikkeuksellisen pieniä vähäsateisina vuosina 2002 ja 2003. Ympäristöhallinnon VEPS-laskentajärjestelmän mukaan selvästi yli puolet Sirppujoen ravinteista on peräisin maataloudesta ja alle kymmenesosa on jätevesikuormitusta. Fosforista noin 15 % on luonnonhuuhtoumaa ja tyypestä noin viidennes. Haja-asutuksen osuus fosforikuormituksesta on merkittävä, lähes kymmenesosa.

Kuva 32. Sirppujoen fosfori- ja typpivirtaamat sekä keskivirtaama (MQ) vuosina 1980–2003.



Päällyslievätutkimukset

Hanna Turkki ja Teija Kirkkala

Merialueen päällyslievätutkimuksilla pyritään selvittämään rantojen ja kalanpyydysten limoittumista. Alustaan kiinnittyvät mikrolevät kuten rantavyöhykkeen makrolevätkin reagoivat herkästi veden ravinteisuustason muutoksiin. Ravinnepitoisuuksien kohotessa levien kasvu kiihtyy ja kokonaismäärä kasvaa. Päällyslievistä aiheutuva pintojen limoittuminen haittaa rantojen virkistyskäyttöä, vähentää kalanpyydysten kalastavuutta ja lisää niiden puhdistamistarvetta.

Paikallisen kuormituksen vaikutuksia vesialueen tilaan mitataan lasikuitualustalle kasvaneiden päällyslievien klorofyllimääränä. Päällyslievien määrä vaihtelee huomattavasti Selkämeren rannikkovesissä niilläkin alueilla, joilla ei ole merkittävää paikallista ravinnekuormitusta. Päällyslievätutkimuksia on käytetty osoittamaan kalan kasvatuslaitosten ja eräiden teollisuuslaitosten jätevesien rehevöittävää vaikutusta lounaisissa rannikkovesissä. Levien kasvua mitataan metrin syvyydestä, jossa niiden haittavaikutukset korostuvat varsinkin pintapyydysillä kalastettaessa.

Kasvualustoina käytetään kolmea halkaisijaltaan 4,7 senttimetrin suuruista lasikuitusuodatinta, joita pidetään telineisiin kiinnitettynä vedessä metrin syvyydellä. Kahden viikon kasvatusjakson jälkeen kasvualustat viedään laboratorioon ja irrotetaan kehyksistä. Alustat saavat kuivua huoneenlämmössä ja pimeässä noin 12 tunnin ajan, minkä jälkeen ne pakastetaan. Klorofyllin määrä analysoidaan myöhemmin etanoliuuttoon perustuvalla standardimenetelmällä, ja tulokset lasketaan milligrammoina neliometriä kohti.

Kirjallisuutta

- Anttalainen, M. 1982. Avustavan virkamiehen lausunto katselmustoimituksessa, joka koskee Kemira Oy:n hakemusta luvan saamiseksi jäteveden johtamiseen mereen yhtiön Uudenkaupungin tehtailta. Turun vesipiirin vesi-toimisto. 1.10.1982.
- Jumppanen, K. & Mattila, J. 1994. Saaristomeren tilan kehitys ja siihen vaikuttavat tekijät. Lounais-Suomen vesien-suojeluyhdistys ry. Julkaisu 82. Turku.
- Kirkkala, T. 1998. Miten voit Saaristomeri? Ympäristön tila Lounais-Suomessa 1. Lounais-Suomen ympäristökeskus. Turku. 71 s.
- Lampolahti, J. 2004. Uudenkaupungin merialueen kasvillisuuden kehitys 1990–2001. Tutkimusraportti Kemira GrowHow Oy:n Uudenkaupungin tehtaille. Luvia 24.10.2004.
- Lauri, H. 2004. Uudenkaupungin edustan virtaus- ja vedenlaatumallinnus 2003. Raportti 15.1.2004. YVA Oy. Espoo.
- Nurmela L. (toim.) 1994. Ympäristön tila Varsinais-Suomessa. Vesi- ja ympäristöhallitus. 120 s.
- Suomela, J. 2001. Saaristomeren tila vuosituhaten vaihteessa. Lounais-Suomen ympäristökeskuksen moniste 20/2001. Turku.
- Uudenkaupungin ja Pyhämaan merialueen veloitettavien tutkimukset. Lounais-Suomen vesiensuojeluyhdistys ry / Lounais-Suomen vesi- ja ympäristötutkimus Oy.

6

Rauman ja Eurajoen edustan merialue

Teija Kirkkala ja Hanna Turkki

Rauman edustan merialue on melko avointa saaristoa, jossa veden keskisyvyys on 5–7 metriä ja suurin syvyys 15 metriä. Saaret ja niemet suuntautuvat luoteeseen. Saariston eteläosassa on kallioisia pikkusaaria, pohjoisosan saaret ovat isoja ja metsäisiä. Avomeren vaikutus ulottuu rannikon lähivesiin asti. Alueella kulkee hidas päävirtaus pohjoiseen rannikon suuntaisesti, lisäksi syvimmillä alueilla kulkee paikallisia pohjois- ja eteläsuuntaisia virtauksia. Veden vaihtuvuus avovesikaudella on hyvä. Saaristoon avautuvat syvät väylät toimivat tehokkaina vedenvaihdon reiteinä, joissa vesimassa saattaa tuulisten jaksojen yhteydessä vaihtua suurelta osin. Idänpuoleiset tuulet työntävät pintakerroksen veden avomerelle, jolloin koko merialueen vesimassa voi vaihtua lyhyessä ajassa syvän veden kumpuamisen seurauksena. Alueelle purkautuu valumavesiä lähinnä pienehköjä oja pitkin Sirppujoen ja Lapinjoen väliin jäävältä alueelta.

Olkiluodon edusta Rauman pohjoispuolella on verraten avointa ja matalaa vesialuetta, jonka suurin syvyys on noin 15 ja keskisyvyys alle 10 metriä. Meriveden sekoittumis- ja vaihtumisolot avomeren reunassa ovat hyvät. Tuulten vaikutus virtausoloihin Olkiluodon edustalla on saariston puuttumisen vuoksi varsin voimakas.

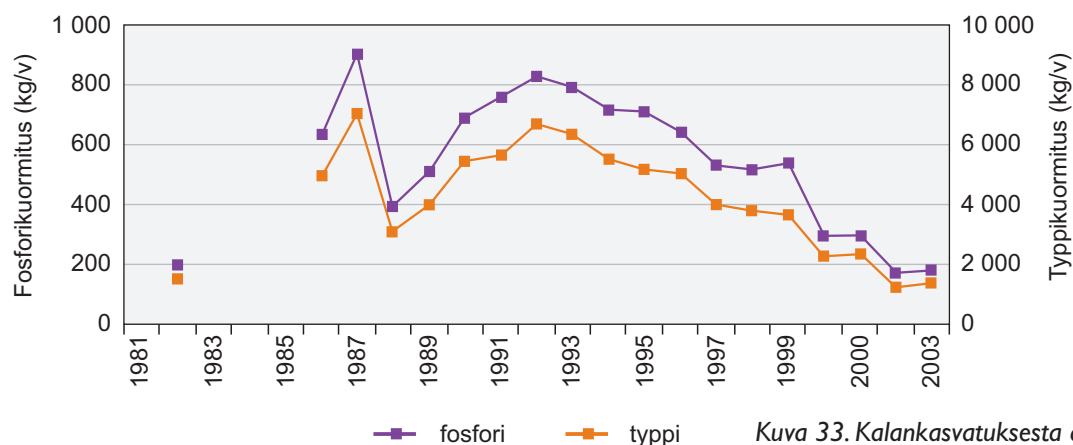
Eurajoki laskee Olkiluodon saaren ja mantereen rajaamaan merenlahteen, Eurajoensalmeen, joka on runsaan kilometrin levyinen ja noin 8 km pitkä. Syvyys on Eurajoen suulla pääosin alle viisi metriä ja lahden merenpuoleisessa osassakin alle 10 metriä. Lapinjoen vedet virtaavat Olkiluodon ja mantereen väliseen kapeaan salmeen, josta ne ajoittain kulkevat myös Eurajoensalmeen.

Hajakuormitus Rauman merialueella vähäistä

Rauman merialueelle tulee ravinteita hajakuormituksena, kaupungin ja metsäteollisuuden puhdistetuissa jätevesissä sekä kalankasvatuksesta. Mantereelta tulevia valumavesiä päätyy Rauman edustalle varsin vähän, joten paikallinen hajakuormitus ei juuri vaikuta merialueen veden laatuun. Kukolanlahteen ja Unajanlahteen purkautuu maatalous- ja metsäalueilta peräisin olevia vesiä. Ravinnevirtaamat ja -valumat vaihtelevat suuresti vuosittain sademäärän ja sen ajallisen jakautuman sekä pintavaluman mukaan.

Rauman metsäteollisuuden päästöt vesiin olivat vielä 1980-luvulla Suomen suurimpia. 1990-luvun alussa metsäteollisuuden fosforikuormitus väheni alle viidesosaan, typpeikuormitus suurin piirtein kolmannekseen ja orgaaninen kuormitus jopa sadasosaan 1980-luvun tasosta. Uuden selluloosatehtaan käynnistyttyä vuonna 1996 mereen tuleva kuormitus kaksinkertaistui mutta jäi edelleen pienemmäksi kuin 1990-lukua edeltänyt kuormitus. Vuoden 2002 huhtikuusta lähtien sekä teollisuuden että kaupungin jätevedet on johdettu yhteiskäsittelyyn metsäteollisuuden puhdistamolle (ks. tietolaatikko s. 54).

Kalankasvatusta on harjoitettu merialueen pohjoisosassa Nurmeksen ja Heinäsen saaren välisellä vesialueella sekä vuoteen 2000 saakka myös alueen eteläosassa Kukolanlahdessa. Kalankasvatuksesta aiheutuva kuormitus on laskenut tasaisesti 1990-luvun alusta lähtien (kuva 33).



Kuva 33. Kalankasvatuksesta aiheutuvan jätevesikuormituksen kehitys Rauman merialueella.

Rauman merialueen tila

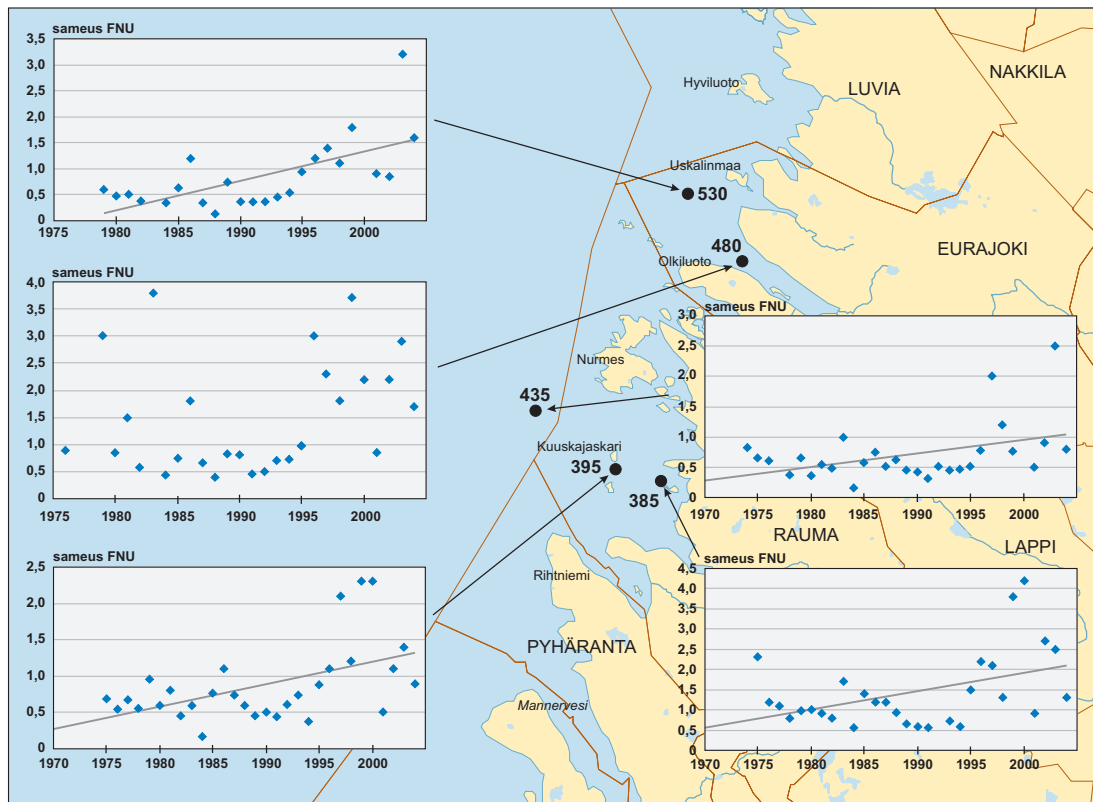
Rauman edustan merialueen tilaa on tarkkailtu 1960-luvun lopulta lähtien. Merialue on rehevyytensä suuruusluokan osaksi lievästi rehevä. Kaupungin lähivedet ja kaupungista luoteeseen oleva Haapa-saarenveden alue ovat yleiseltä käyttökelpoisuudeltaan tyydyttävää luokkaa. Muu merialue 7–8 kilometrin päähän rannikosta on luokiteltu hyväksi ja ulompana erinomaiseksi. Happitilanne on Rauman edustalla yleensä varsin hyvä mutta heikkenee ajoittain pohjan lähellä lämpötilakerrosteisuuden aikana. Kaupungin lähivedet ovat lievästi sameita. Ulompana vedet ovat varsin kirkkaita, mutta 1990-luvun puolivälin jälkeen sameusarvot ovat koko merialueella kasvaneet (kuva 34). Samalla näkösyvyys on pienentynyt.

Korkeimmat ravinnepitoisuudet on yleensä havaittu Rauman kaupungin lähivesissä ja rannikon sisälahdissa. Jo 2–3 kilometrin päässä rannikosta pitoisuudet ovat selvästi pienempiä. Lähivesien talviaikaiset fosforipitoisuudet pienenevät merkittävästi 1970-luvun tasosta 1990-luvun puoliväliin asti (kuva 35). Ulkomerellä Kylmäpihlajasta länteen loppukesän fosforitaso kasvoi jonkin verran 1980- ja 1990-luvulla. 2000-luvun alussa pitoisuudet olivat muutamalla havaintoasemalla kaupungin lähivesissä selvästi pienempiä kuin 10 vuotta aiemmin (kuva 38). Vuonna 2003 fosforipitoisuudet olivat poikkeuksellisen pieniä. Merialueen typpipitoisuudet olivat korkeimmillaan 1970-luvulla, 1980-luvun lopussa ja 1990-luvun alussa. Sitten ne

ovat pienentyneet erityisesti rannikon lähivesissä ja jätevesien välittömällä vaikutusalueella, vaikkakin prosenttinen muutos on alle 15 % (kuvat 36 ja 39).

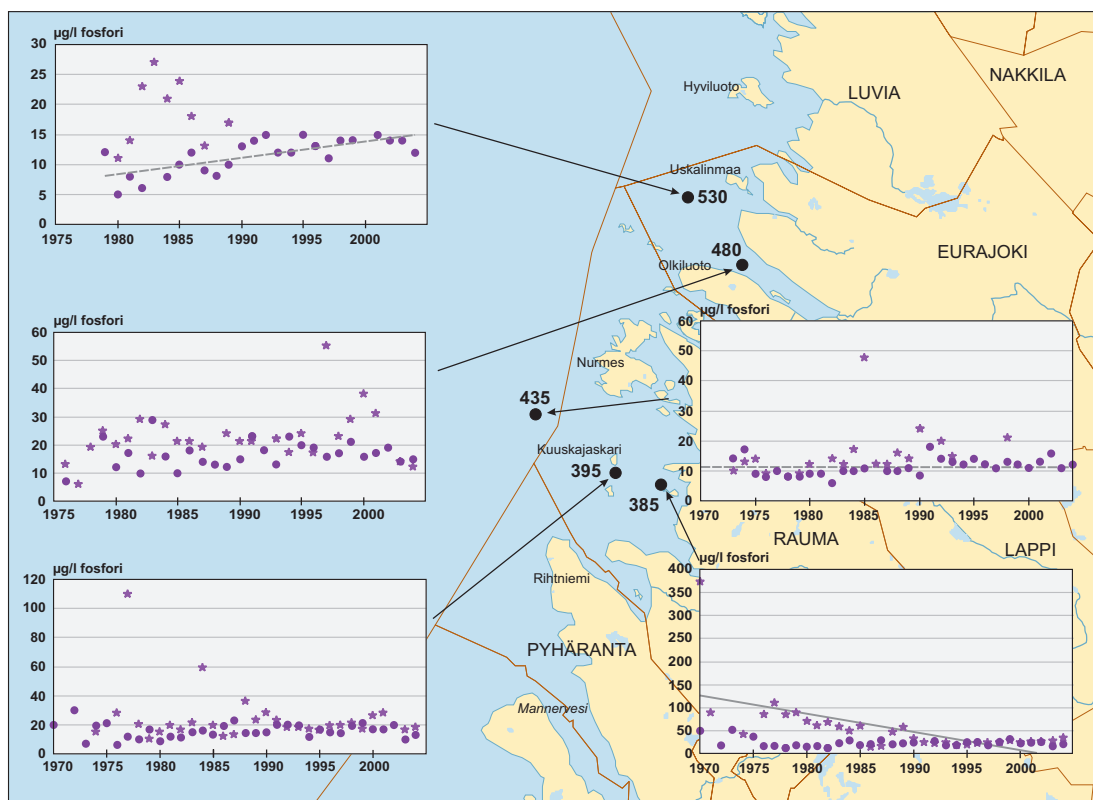
Levämäärää kuvaavat veden klorofyllipitoisuudet ovat Rauman edustalla olleet Selkämeren tausta-arvoja suurempia. Merialueen pohjoisosassa pitoisuudet ovat yleensä korkeampia kuin eteläosassa; kaupungin lähivesissä ja alueen pohjoisosassa ne ovat selvästi kasvaneet (kuvat 37 ja 40). Rauman edustalla näkösyvyys on vastaavasti pienentynyt (kuva 41). Kylmäpihlajan länsipuolella *a*-klorofyllin määrät ovat edelleen suhteellisen pieniä, mutta taso on hieman noussut ja samalla näkösyvyys pienentynyt.

Pohjan likaantumisesta Rauman edustalla on aiheuttanut puukuitu ennen jätevesien puhdistuksen aloittamista. Vuonna 2002 toteutetussa pohjaeläintutkimuksessa havaittiin pahoin likaantunutta pohjaa aallonmurtajan sisäpuolisella alueella (kuva 42). Vuodesta 1994 lähtien eläimistön lajiluku ja yksilömäärä ovat kuitenkin kasvaneet. Likaantuneeksi luokiteltavan pohjan ala pieneni 1990-luvulla oleellisesti. Likaantuneita alueita on aallonmurtajan edustalla, Kortelanlahden perukassa ja Kuuskajaskarin eteläpuolella olevassa syvänteessä. Toisaalta 1990-luvulla alueella oli myös terveeksi luokiteltavaa pohjaa Hanhisten ja Rihtniemen pohjoispuolella. Vuonna 2002 tervettä pohjaa ei enää tutkituilla havaintoasemilla esiintynyt, eikä terveen pohjan ilmentäjälajia, valkokatkaa, tavattu koko merialueella.



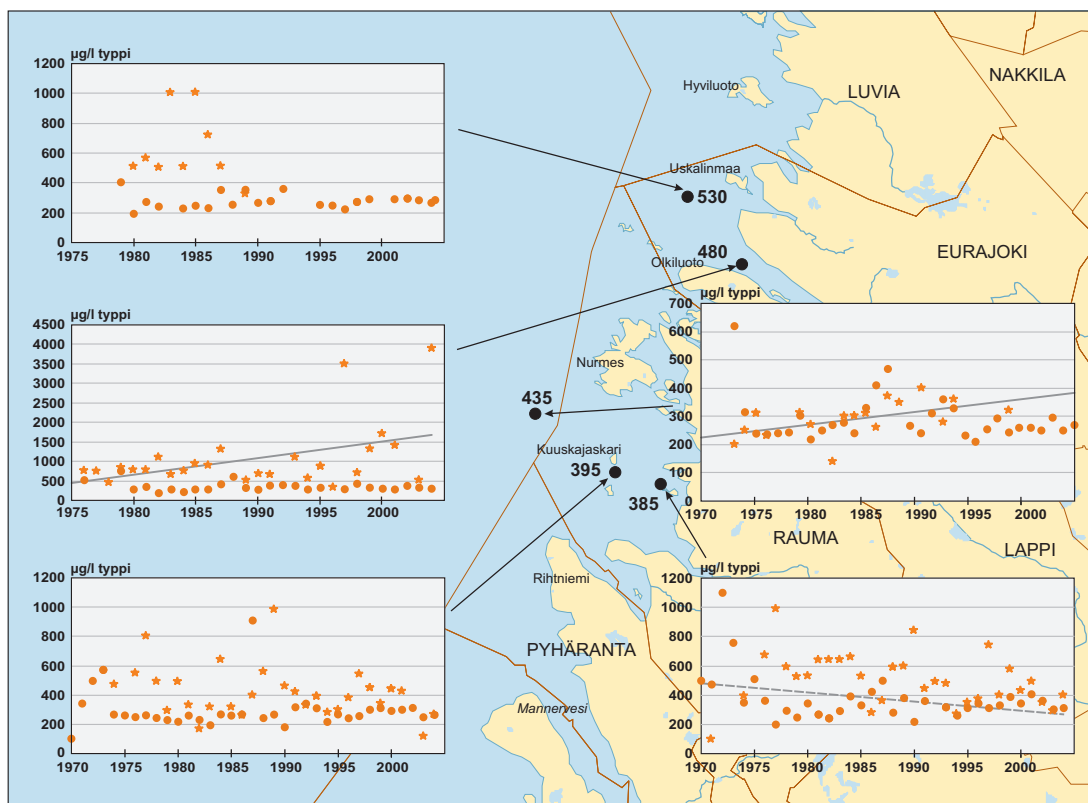
Kuva 34. Veden sameuden kehitys loppukesällä Rauman ja Eurajoen edustan merialueella.

◆ sameus — lin. (sameus)



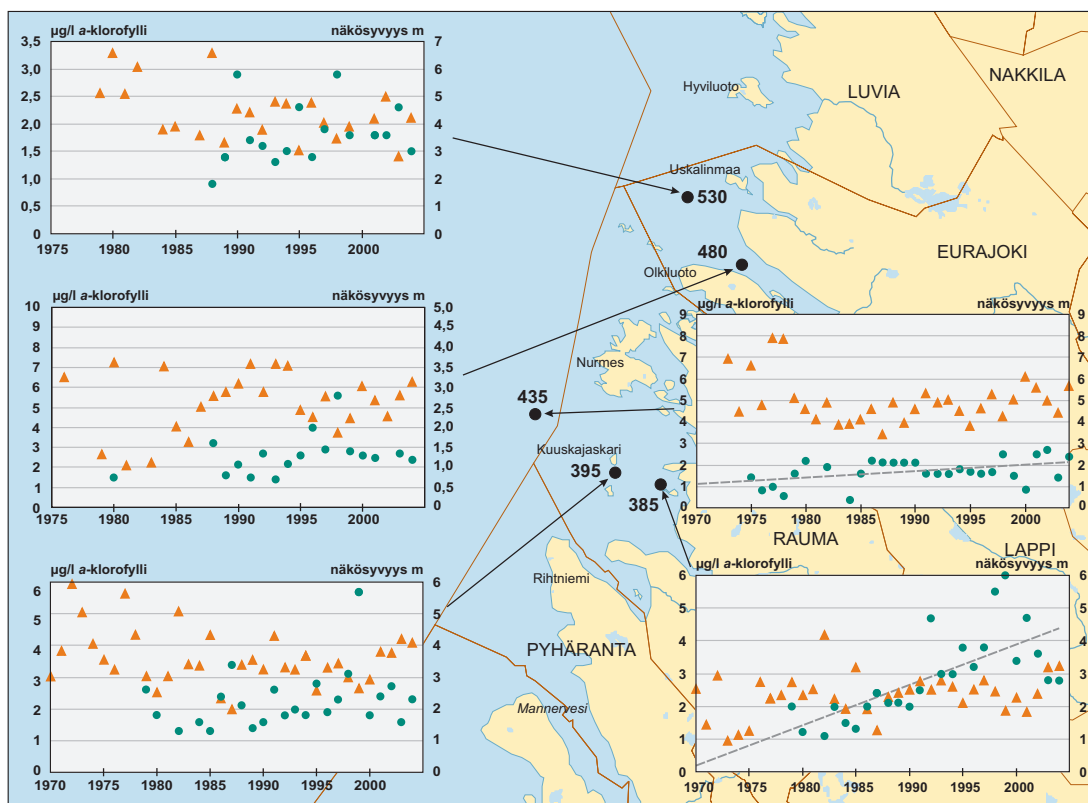
Kuva 35. Veden kokonaisfosforipitoisuuden kehitys lopputalvella ja loppukesällä Rauman ja Eurajoen edustan merialueella.

● kok.P loppukesä — lin. (kok.P loppukesä)
 ★ kok.P lopputalvi — lin. (kok.P lopputalvi)



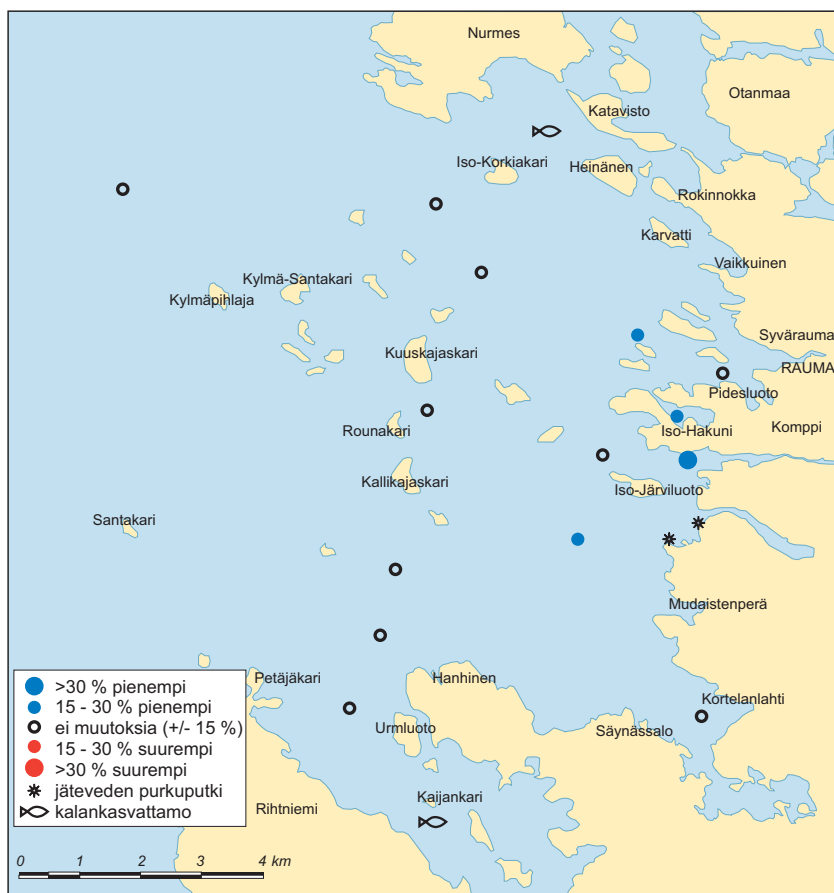
Kuva 36. Veden kokonaistyppipitoisuuden kehitys loppupalvella ja loppukesällä Rauman ja Eurajoen edustan merialueella.

● kok.N loppukesä — lin. (kok.N loppukesä)
 ★ kok.N lopputalvi — lin. (kok.N lopputalvi)

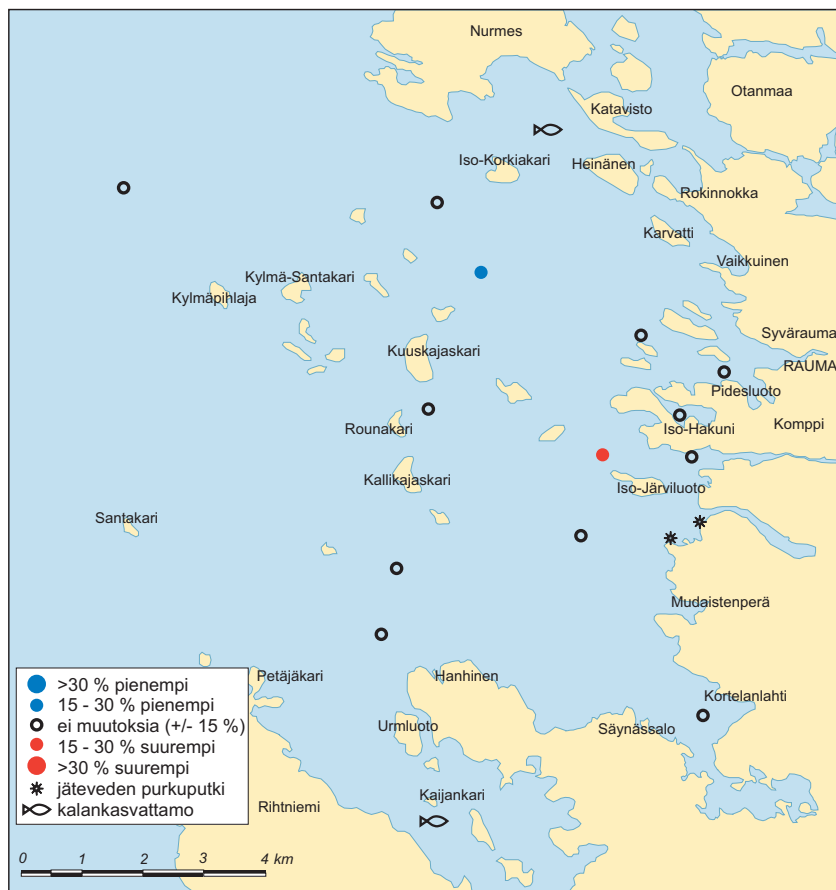


Kuva 37. Veden a-klorofyllipitoisuuden ja näkösyvyyden kehitys loppukesällä Rauman ja Eurajoen edustan merialueella.

● klorofylli — lin. (klorofylli)
 ▲ näkösyvyys — lin. (näkösyvyys)

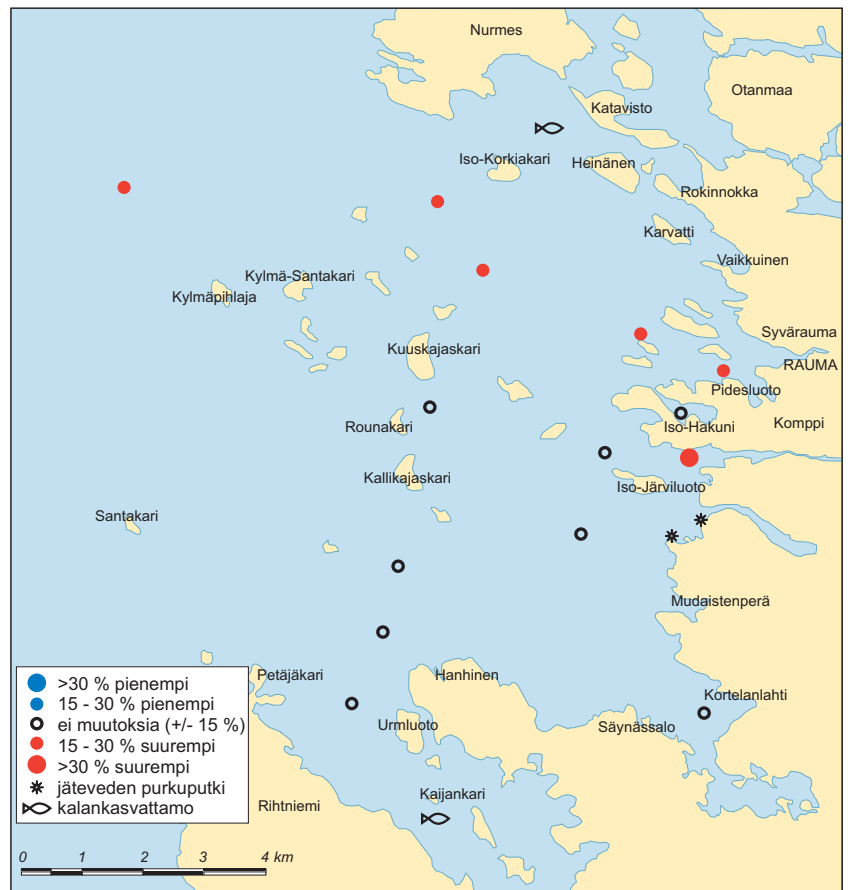


Kuva 38. Veden keskimääräisen kokonaisfosforipitoisuuden muutos Rauman edustan merialueella loppukesällä vuosina 2000–2004 verrattuna vuosiin 1990–1994.

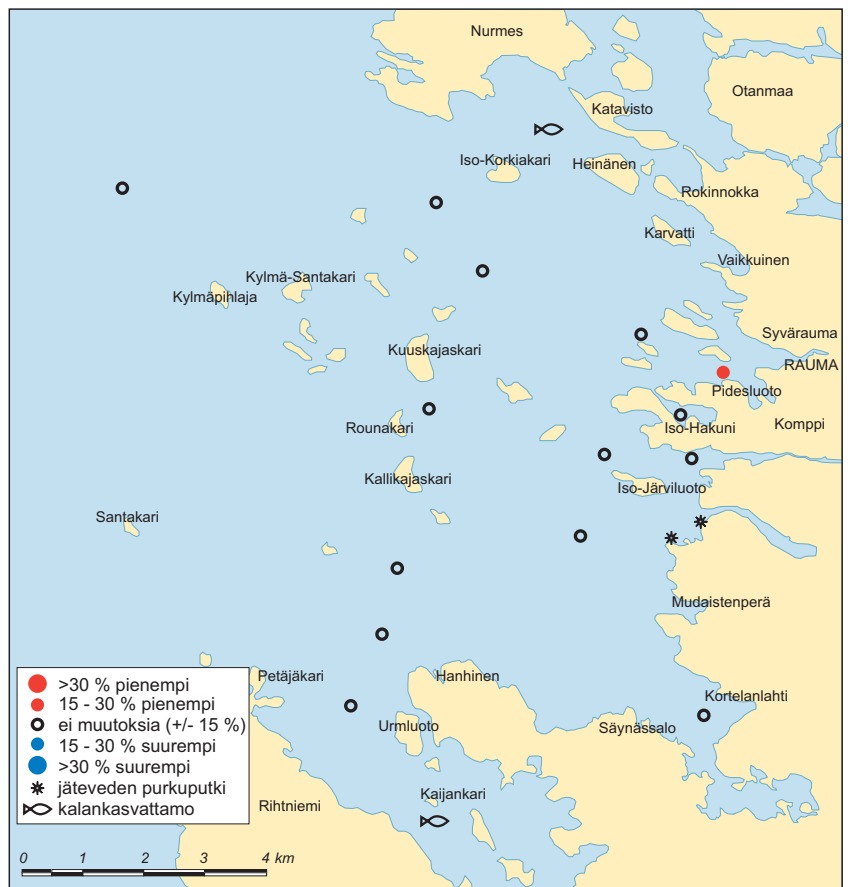


Kuva 39. Veden keskimääräisen kokonaistyppipitoisuuden muutos Rauman edustan merialueella loppukesällä vuosina 2000–2004 verrattuna vuosiin 1990–1994.

Kuva 40. Veden keskimääräisen klorofyllipitoisuuden muutos Rauman edustan merialueella loppukesällä vuosina 2000–2004 verrattuna vuosiin 1990–1994.



Kuva 41. Veden keskimääräisen näkösyvyyden muutos Rauman edustan merialueella loppukesällä vuosina 2000–2004 verrattuna vuosiin 1990–1994.



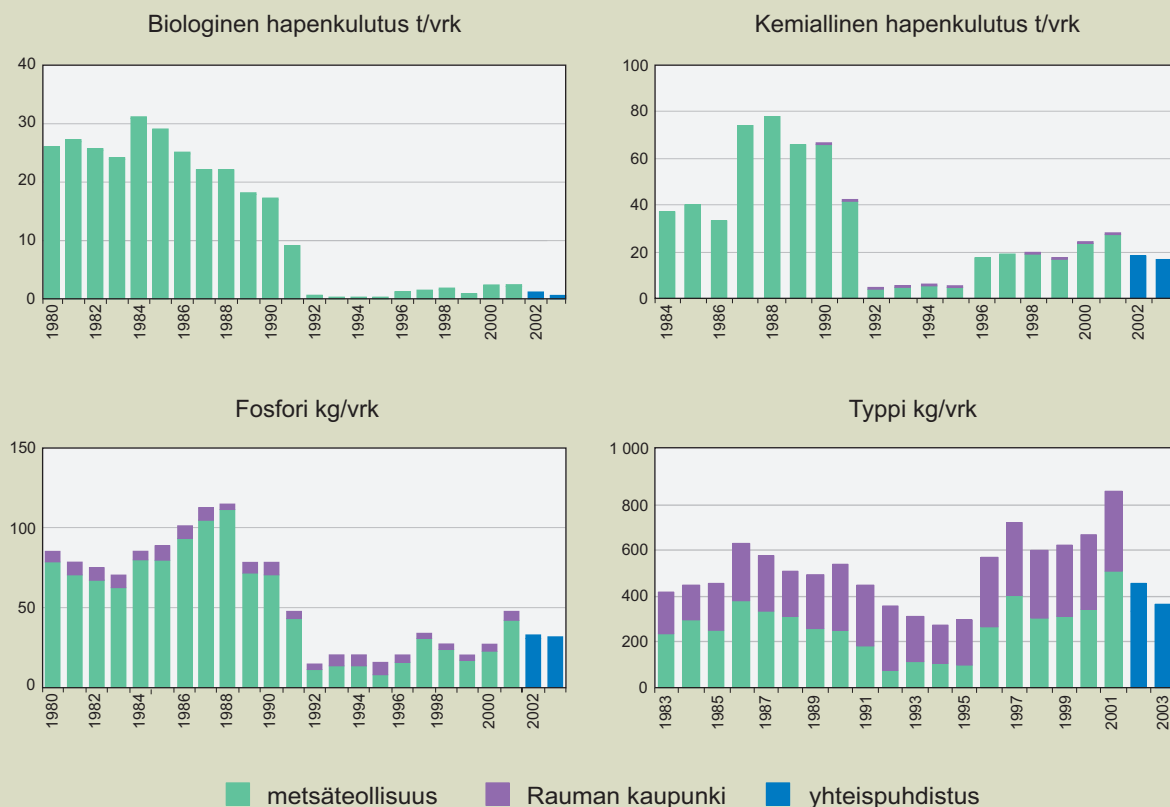
Yhdyskunnan ja metsäteollisuuden jätevesien yhteispuhdistus vesiensuojelutoimenpiteenä

Seija Vatka

Rauman metsäteollisuuden kaikki jätevedet on käsitelty biologisesti vuoden 1991 lokakuusta alkaen. Puhdistustulokset ovat olleet hyviä, ja vesistökuormitus on pienentynyt.

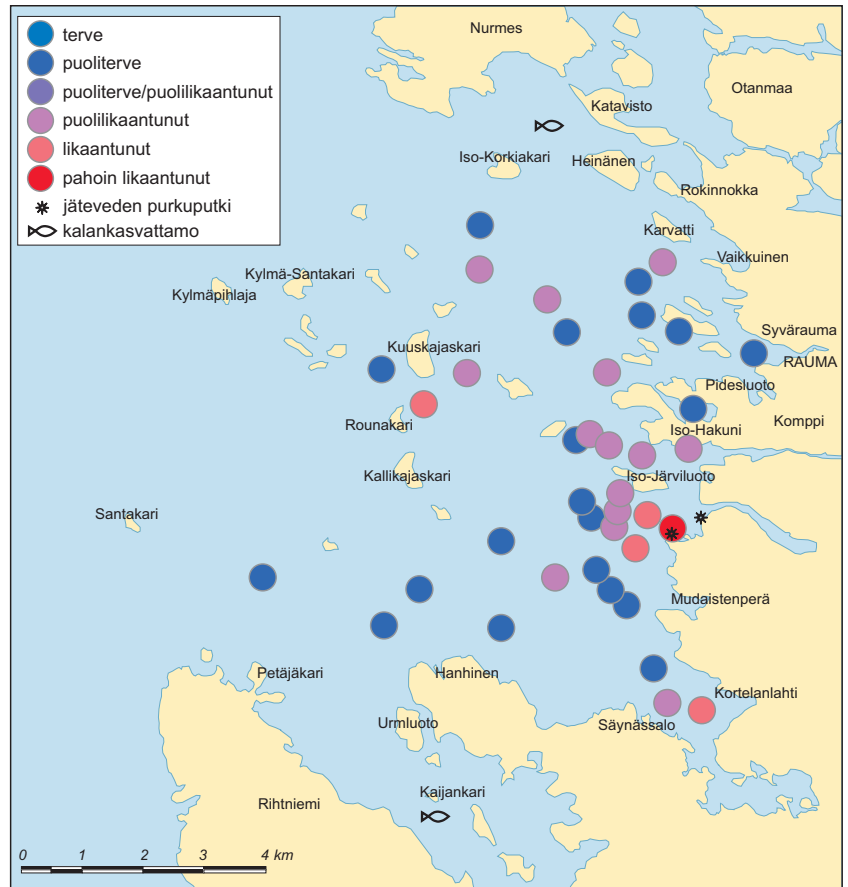
1990-luvulla panostettiin vesikiertojen sulkemiseen ja veden käytön vähentämiseen. Huhtikuussa 2002 aloitettiin metsäteollisuuden ja Rauman kaupungin jätevesien yhteispuhdistus. Sen tavoitteena on Rauman seudun ravinnekuormituksen, erityisesti typpikuormituksen, pienentäminen. Metsäteollisuuden jätevesissä on orgaanista kuormaa ja suhteellisen vähän ravinteita. Biologisen puhdistusprosessin toiminnan turvaamiseksi siihen joudutaankin lisäämään typpeä ja fosforia. Yhdyskuntajätevesissä puolestaan on ylimäärin ravinteita, ja tavoitteena on tehostaa niiden poistoa käyttämällä ravinteet hyväksi puhdistusprosessissa.

Saatujen kokemusten perusteella voidaan sanoa, että metsäteollisuuden ja yhdyskunnan jätevedet täydentävät toisiaan ja sopivat hyvin puhdistettaviksi samassa puhdistamossa. Yhteispuhdistuksen aikana erityisesti typpikuormitus on pienentynyt, kokonaistyppikuormitus on puoliintunut. Rehevöittävän typen (ammonium-, nitraatti- ja nitriittitypen) vähenemä yhteispuhdistamossa on noin 94 prosenttia ja kokonaistypen 80 prosenttia.



Rauman kaupungin ja metsäteollisuuden (UPM-Kymmene Oyj ja Oy Metsä-Botnia Ab) jätevesikuormitus vuosina 1980–2003. Metsä-Botnian sellutehdas käynnistyi maaliskuussa 1996.

Kuva 42. Pohjan tila Rauman edustan merialueella vuonna 2002 tehdyn pohja-eläintutkimuksen perusteella.



Kivikkorantaa. Vähä-Krunni.
Kuva: Raimo Sundelin.



Olkiluodon edustan ja Eurajoensalmen kuormitus

Olkiluodon merialueen vedenlaatuun ja biologiseen tuotantoon vaikuttavat Selkämeren rannikkovesien yleistila, Eurajoen ja Lapinjoen mantereelta kuljettamat aine-määrät sekä ydinvoimalaitokselta tulevat jäähdytysvedet ja niiden purkualueelle tuleva paikallinen jätevesikuormitus.

Olkiluodon merialueelle johdetaan vähäisiä määriä Teollisuuden Voima Oy:n saniteettivesiä biologis-kemiallisesti käsiteltyinä. Vuosina 1988–1996 sinne johdettiin myös Olkiluodon Lohilaitoksen poistovesiä. Lohilaitos lopetti kalankasvatuksen kokonaan 1997, ja se muutettiin rapujen kasvattamoksi.

Ydinvoimaloiden jäähdytysvedet nostavat meriveden lämpötilaa ja muuttavat virtausoloja. Tämä vaikuttaa myös meriympäristön tilaan. Teollisuuden Voima Oy:n kaksi ydinvoimalaa ottavat jäähdytysvetensä Olkiluodon vedestä ja purkavat ne Kaalonperän edustalle. Voimalat käyttävät jäähdytysvettä yhteensä 60 kuutiometriä sekunnissa, mikä vastaa kuusinkertaista Eurajoen keskivirtaamaa. Jäähdytysveden lämpötila kohoaa jäähdytysjärjestelmässä nykyisin noin 13,6 astetta.

Talvella jäähdytysvedet sekoittuvat merialueen pintakerrokseen ja niiden aiheuttama paikallinen lämpötilan nousu havaitaan 3–5 kilometrin etäisyydellä rannikosta (ks. tietolaatikko s. 62). Jäähdytysvesien purkualueen eli Kaalonperän edustan pintakerroksen lämpötila kohoaa yleensä 5–7 astetta, ulompana 0,5–2 astetta taustasta. Lämpötilan paikallinen kohoaminen vaikuttaa kalastoon, Olkiluodon lähivesien jäätilanteeseen ja sulan vesialueen levätuotantoon. Avovesikaudella meriveden lämpötilan nousu jää paikalliseksi.

Olkiluodon edustan ja Eurajoensalmen tila

Veden ravinne- ja kiintoainepitoisuudet Olkiluodon edustalla ja Eurajoensalmessa ovat olleet Selkämeren rannikkovesille ominaisia. Meriveden typpi- ja fosforipitoisuudet vaihtelevat paikallisesti verraten vähän, joskin virtaukset, ranta-

vyöhykkeestä vapautuvat ravinteet ja ehkä paikallinen jätevesikuormituskin lisäävät ajoittain pitoisuuksia Olkiluodon lähivesissä. Loppukesällä mitatut fosforipitoisuudet nousivat Olkiluodon alueella 1980- ja 1990-luvulla (kuvat 35 ja 43). Vastaavana aikana veden typpipitoisuuksissa sen sijaan ei ole nähtävissä nousua, vaan pitoisuudet ovat pysytelleet keskimäärin tasolla 250–300 µg/l koko 1990-luvun (kuvat 36 ja 44). Veden sameusarvot ovat kohonneet ja vastaavasti näkösyvyudet pienentyneet (kuvat 37 ja 45).

Jäähdytysvesien aiheuttamat virtaukset ja lämpötilan nousu ovat vaikuttaneet kasviplanktonituotantoon suhteellisen pienellä alueella. Kasvukauden piteneminen erityisesti keväällä on lisännyt tuotantoa. Kesäkauden klorofyllimäärien ajallinen ja paikallinen vaihtelu on ollut melko vähäistä, mutta loppukesän klorofyllitasot ovat nousseet (kuvat 37 ja 46). Olkiluodon vedessä ja Eurajoensalmen suulla veden klorofyllipitoisuudet ovat ajoittain selvästi taustaa suurempia. Jäähdytysvesien otto- ja purkualueilla on useana vuonna ollut sinileviä hieman enemmän kuin muualla merialueella, mutta muutoin alueet eivät ole planktonlevien suhteen erottuneet muista havaintopaikoista. Sinilevien kokonaismäärät ovat kuitenkin olleet pääosin pieniä.

Eurajoensalmen tila määräytyy lähinnä Eurajoen kuljettamien vesien ja niiden sisältämien aineiden perusteella, minkä vuoksi vedenlaatu vaihtelee huomattavasti mm. sääolojen vaikutuksesta. Eurajoensalmen pintavesi on talvisin usein suureksi osaksi jokivettä, joka kulkeutuu jään alla ohuena, sameana kerroksena lahden suulle asti. Lahti on varsin matala, eikä vesi juurikaan kerrostu lämpötilan mukaan. Vesialueen happitilanne onkin ollut lähes poikkeuksetta hyvä. Eurajoensalmen veden fosforipitoisuus on ollut kasvusuunnassa ja lahden perukassa useimmiten reheville merialueille ominainen (kuva 35). Veden *a*-klorofyllipitoisuus ja perustuotantokykyarvo ovat samoin olleet reheville rannikkovesille tyypillisiä. Ulompana lahden suulla rehevyys on lievempää. Levätuotanto näyttäisi olevan kasvussa ja rehevyys lisääntymässä (kuvat 37 ja 46).

Olkiluodon merialueen kasvillisuus vaihtelee ulkosaariston kovien pohjien

Typen poiston vaikutus sinilevätilanteeseen Rauman jätevesien purkualueella

Teija Kirkkala ja Harri Helminen

Jätevesien sisältämien ravinteiden on todettu lisäävän purkualueella kasviplanktonin biomassaa ja lajimäärää. Korkeimmat biomassa-arvot Rauman edustan merialueella on mitattu satamanlahdessa, jonne jätevedet vallitsevilla tuulen suunnilla kulkeutuvat. Sinilevien osuus kasviplanktonista on yleensä ollut vähäinen.

Vuosina 2002 – 2004 yhteispuhdistuksen toteuttamisen jälkeen levymäisiä yhdyskuntia muodostavat *Merismopedia*-sinilevät ja pienisoluiset *Chroococcales*-sinileväyhdyskunnat olivat selvästi yleisempiä ja runsaslukuisempia kuin vuonna 2001. Näitä sinileviä esiintyi kuitenkin koko merialueella, joten niiden runsaus lienee johtunut suotuisista sääolosuhteista eikä yhteispuhdistuksen aiheuttamista kuormitusmuutoksista.

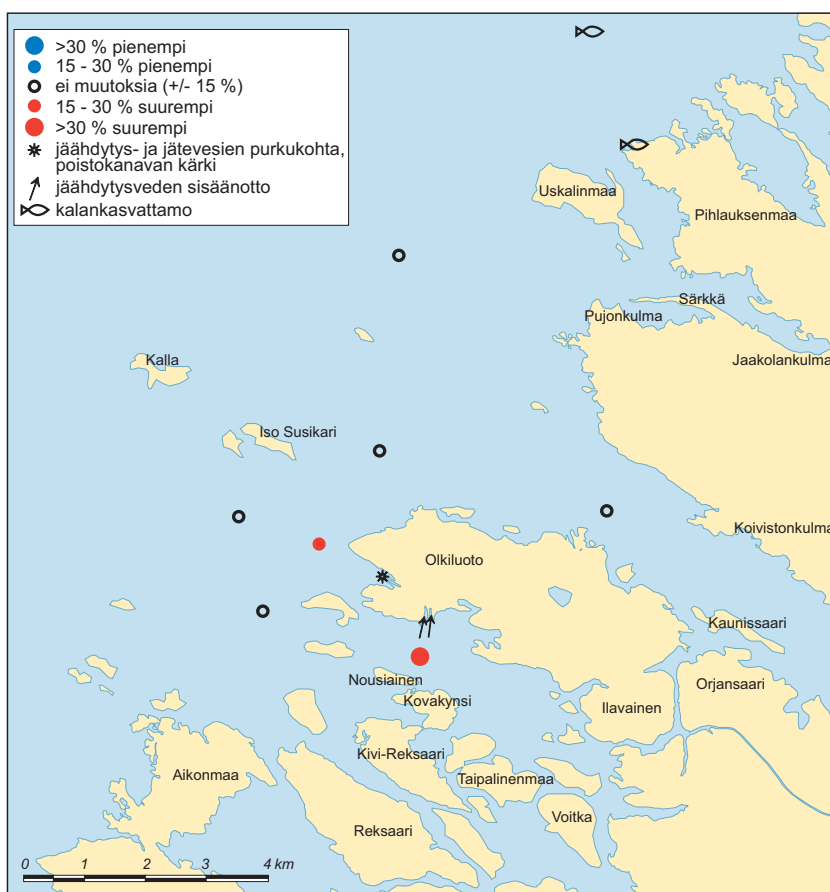
Typpeä sitovien sinilevien esiintymisessä ei liioin ole tapahtunut merkittäviä muutoksia jätevesien purkualueella eikä muuallakaan merialueella. Rihmamaista *Aphanizomenon*-sinilevää on ollut ennen yhteispuhdistuksen alkua ja sen jälkeen runsaasti etenkin elokuussa ja vuosina 2002 ja 2004 myös heinäkuussa. Syyskuussa määrät ovat olleet vähäisempiä. Toinen rihmamainen, typpeä sitova sinilevä, *Nodularia spumigena*, on ollut huomattavasti vähälukuisempi.

Mitään näyttöä ei siis ainakaan toistaiseksi ole siitä, että typen vähentäminen jätevedestä lisäisi ilmakehän typpeä sitovien sinilevien osuutta kasviplanktonissa. Kasviplanktonin kehitystä seurataan jatkossa entistä tiiviimmin osana uudistettuja velvoitetarkkailuohjelmia.

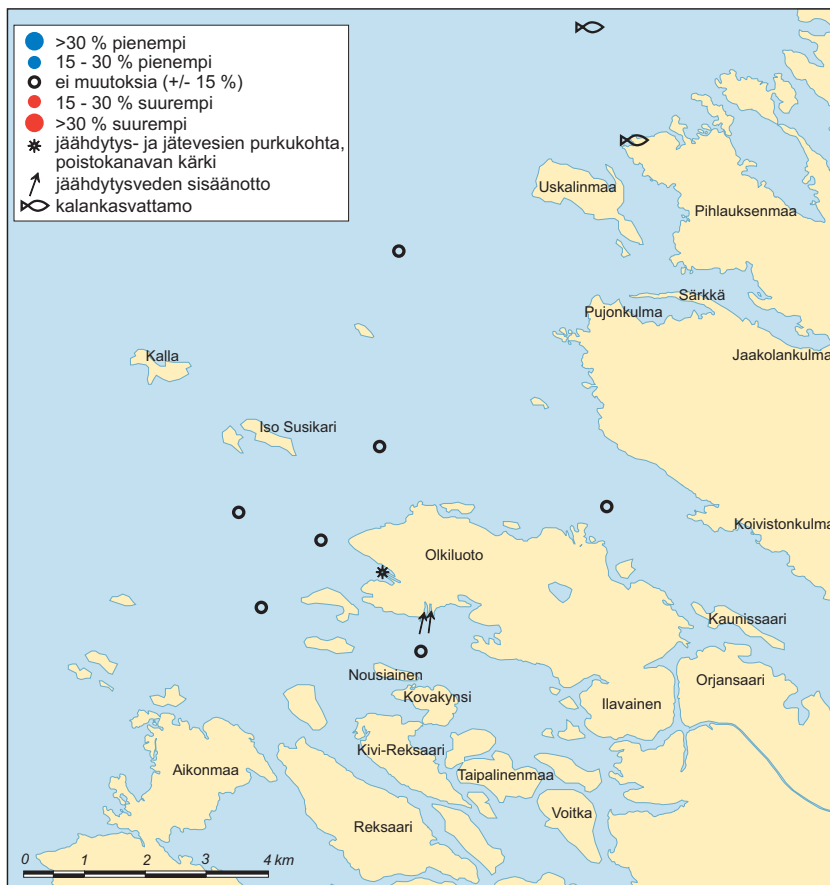


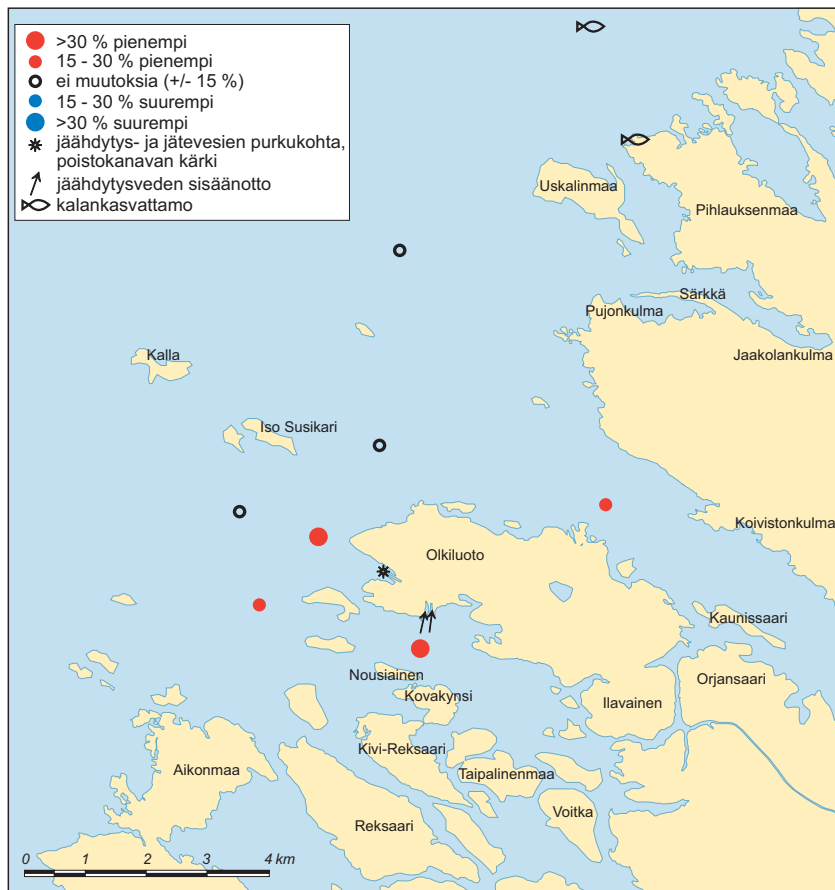
Rauma on merkittävä teollisuuspaikkakunta. Taustalla Metsä-Botnian sellutehdas. Kuva: Raimo Sundelin.

Kuva 43. Veden keskimääräisen kokonaisfosforipitoisuuden muutos Olkiluodon lähi-
vesillä loppukesällä vuosina 2000–2004
verrattuna vuosiin 1990–1994.

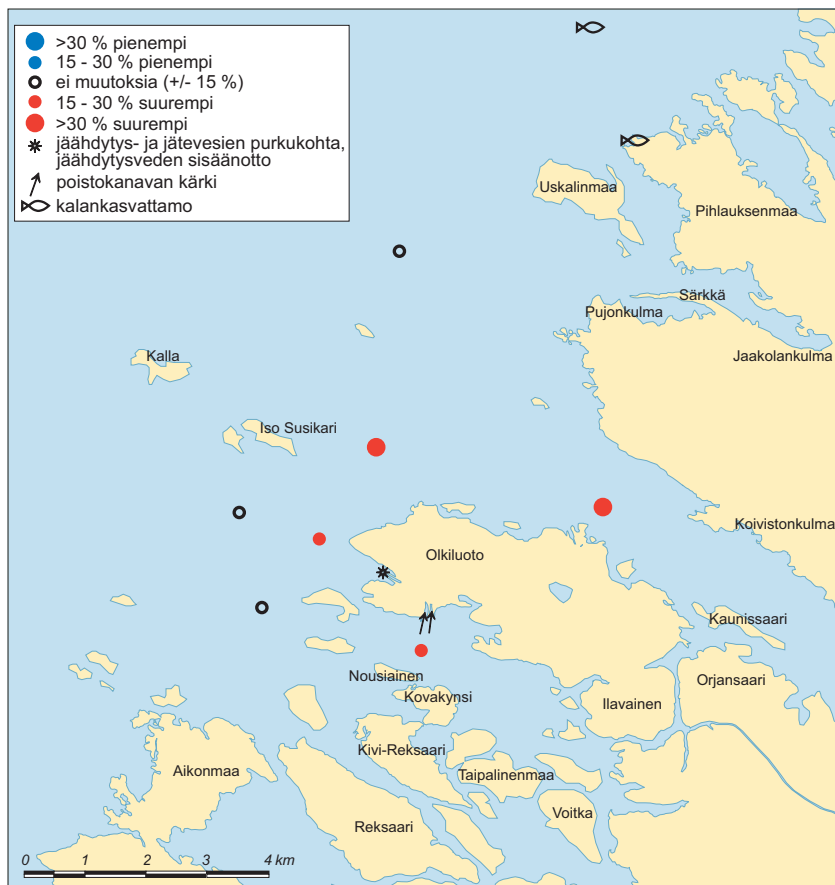


Kuva 44. Veden keskimääräisen kokonais-
typpipitoisuuden muutos Olkiluodon lähi-
vesillä loppukesällä vuosina 2000–2004
verrattuna vuosiin 1990–1994.





Kuva 45. Veden keskimääräisen näkösyvyyden muutos Olkiluodon lähivesillä loppukesällä vuosina 2000–2004 verrattuna vuosiin 1990–1994.



Kuva 46. Veden keskimääräisen klorofyllipitoisuuden muutos Olkiluodon lähivesillä loppukesällä vuosina 2000–2004 verrattuna vuosiin 1990–1994.

levävaltaisesta yhteisöstä Olkiluodonveden pehmeiden pohjien putkilokasvivaltaiseen yhteisöön. Kasvillisuuslinjojen tutkimusten perusteella rehevöitymisen vaikutukset olivat havaittavissa jäähdytysvesien vaikutusalueella 1990-luvulla. Lajiston runsaussuhteet ovat muuttuneet selvästi, ja monivuotiset levät ja kasvit ovat vaihtuneet yksivuotisiin, lähinnä rihmamaisiin leviin. 1990-luvun alussa suolilevää oli runsaasti ja se aiheutti haittoja jäähdytysvedenotolle, mutta 1990-luvun jälkipuoliskolla levän määrä väheni merkittävästi.

Olkiluodon lähivesien pohjaeläimistössä esiintyy vuosittaista vaihtelua kuten muillakin merialueilla. Tämä johtuu mm. sääolojen vaihtelusta ja yksittäisten lajien kantojen heilahtelusta. Viime vuosina vaihtelua on lisännyt myös levä- ja kasvijäännösten kerääntyminen syvänteisiin, joissa ne hajotessaan kuluttavat vesimassan rajallisia happivaroja. Vesikasvillisuuden ja pohjalevien tuotanto on kohonnut matalilla alueilla virtausten, parantuneen ravinteiden saannin ja pitkän kasvukauden vuoksi.

Pohjan tila jäähdytysvesien purkualueella on viime vuosina huonontunut selvästi leväjäännösten runsastumisen ja niiden hajoamisesta aiheutuneen ajoittaisen hapettomuuden vuoksi (kuva 47). Pohjanläheisten vesikerrosten hapettomuutta on ilmennyt myös pitkänä hellejaksoina vesien lämpenemisen ja lämpötilakerrosteisuuden myötä. Pohjaeläimistön lajikoostumus on muuttunut, lajisto köyhtynyt ja biomassa lähes romahtanut vuoden 1997 jälkeen. Vuosina 2003 ja 2004 happiolot olivat kylmän alkukesän johdosta tavanomaista paremmat myös pohjan lähellä. Levätuotanto ja sen myötä levien hajoaminen oli tavanomaista vähäisempää, mikä edelleen paransi happioloja. Monilla havaintopaikoilla olikin tapahtunut lievää pohjaeläimistön elpymistä, ja likaantuneiden pohjien tyyppilajit, surviaissääskentoukat ja harvasukasmadot, olivat useimmilta paikoilta vähentyneet tai täysin kadonneet. Kahden vuoden tulokset eivät kuitenkaan vielä riitä pysyvien muutosten varmistamiseen. Vasta tulevat vuodet osoittavat, jatkuuko vuosina 2003 ja 2004 tapahtunut positiivinen kehitys pohjaeläimistön osalta,

vai kuuluuko se vain normaaliin luonnon vaihteluun.

Eurajoensalmesta vuonna 1996 otetuissa pohjaeläinnäytteissä oli rannikkovesille tyypillisiä pohjaeläinlajeja, mm. liejusimpukoita ja amerikansukasmatoja. Näyteistä ei löytynyt likaantumista ilmentäviä lajeja lainkaan, mutta toisaalta ei tavattu myöskään puhtaiden pohjien ilmentäjiä, mikä todennäköisesti johtuu alueen mataluudesta.

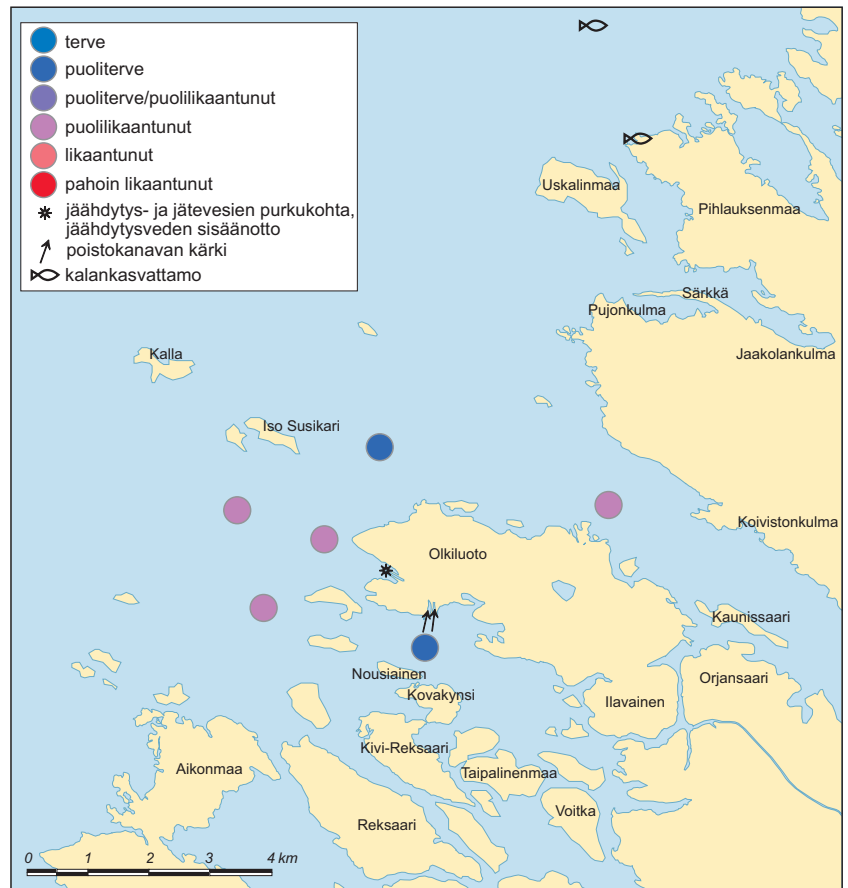
Olkiluodon ydinvoimalaitoksen laajentamisen vaikutuksia luonnonympäristöön on arvioitu ympäristövaikutusten arviointiselostuksessa (1999). Sen mukaan kolmannen laitossyksikön käynnistyminen lisää lämpökuormaa Olkiluodon edustalla niin, että yli yhdellä asteella lämpenevä vesialue laajenee noin kaksinkertaiseksi. Samoin käynee myös sulana pysyville tai heikon jään alueille. Lämpökuorman kasvu parantaa kasviplanktontuotannon edellytyksiä. Arviointiselostuksen mukaan vaikutus jäisi kuitenkin vähäiseksi. Kasvillisuuden arvioidaan muuten runsastuvan muutaman kilometrin säteellä purkupai- kasta kasvualustaksi soveltuvilla pohjilla.

Eurajoki ja Lapinjoki

Euran, Kiukaisten ja Eurajoen kuntien halki virtaavan Eurajoen vesistöalueen pinta-ala on yhteensä 1336 km² ja järvisyys 13 %. Vesistöalueella sijaitsee Lounais-Suomen suurin järvi, 154 km²:n laajuinen Pyhäjärvi, josta noin 52 kilometrin mittainen joki saa alkunsa. Kun Pyhäjärven valuma-alue ei oteta lukuun, Eurajoen valuma-alueella on peltoja noin 28 ja metsiä lähes 70 % maa-alasta. Valuma-alueella on Litorinameren aikaisia sulfidimaita. Tärkeimmät sivujoet ovat Köyliönjärvestä lähtevä Köyliönjoki (valuma-alueen pinta-ala 264 km²) ja joen alajuoksulle liittyvä Juvajoki (valuma-alue 86 km²).

Eurajokeen johdetaan elintarvike- ja paperiteollisuuden sekä yhdyskuntien jätevesiä. Joen virtaamat ovat varsin pienet, joten vähäinenkin kuormitus voi aiheuttaa ongelmia. Veden laatu on tärkeä Rauman kaupungille, joka ottaa raakavettä myös Eurajoesta. Jokeen johdettava jätevesikuor-

Kuva 47. Pohjan tila Olkiluodon lähi-
vesillä vuonna 2003 tehdyn pohjaeläin-
tutkimuksen perusteella.



mitus on pienentynyt viime vuosina jätevesien käsittelyn keskittämisen myötä.

Eurajoen vesistöalueella on tehty lukuisia kuivatus- ja tulvansuojelutoimenpiteitä. Eurajoessa on kaikkiaan 11 koskea, joista kolmessa on vesivoimalaitos. Kauttuan voimalaitoksella säännöstellään Pyhäjärven pintaa, mikä vaikuttaa merkittävästi Eurajoen virtaamiin. Eurajoen vettä juoksetetaan kuivina kausina Lapinjokeen Rauman kaupungin ja teollisuuden tarpeisiin. Kuivina kausina vettä juoksetetaan myös Kokemäenjoesta Köyliönjoen kautta Eurajokeen riittävän vesimäärän turvaamiseksi.

Yläjuoksultaan Eurajoki on luokiteltu käyttökelpoisuudeltaan hyväksi tai tyydyttäväksi. Jokeen virtaa ojista ja sivujoista ajoittain sameita ja runsasravinteisia lisävesiä. Hajakuormitus onkin pääosan vuotta tärkein Eurajoen alajuoksun veden laatua säätelevä tekijä, mutta etenkin vähävirta-
maisina aikoina jokivarren kuntien ja teollisuuden jätevedet vaikuttavat merkittä-

västi joen tilaan. Joen keskiosa Köyliönjoen laskukohdan alapuolella on luokiteltu vain välttäväksi. Alajuoksulla Eurajoen vesi on ollut hetkellisesti erittäin hapanta maaperästä huuhtoutuvan alunan vuoksi. Joki-
vesi on useimmissa havaintopaikoissa ollut kuitenkin enintään lievästi liikaantunutta ja hygienialtaan välttävää. Eurajoen alaosan käyttökelpoisuus on ollut lähinnä tyydyttävää luokkaa.

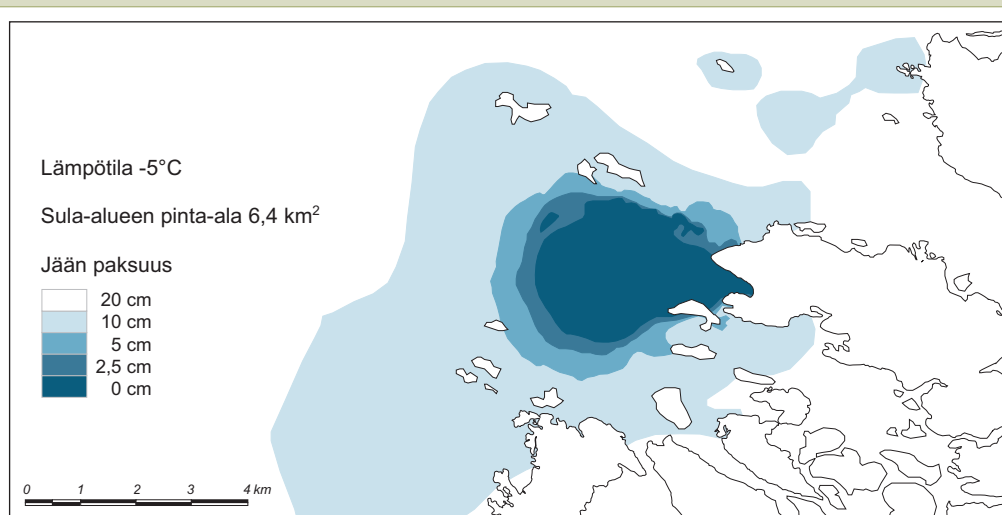
Eurajoen ainevirtaamat vaihtelevat vuositason päälle päälle sääolojen mukaan (kuva 48). Aikajaksolla 1990–2002 Eurajoki kuljetti mereen vuosittain keskimäärin 23,9 tonnia fosforia ja 640 tonnia typpeä. Fosforivirtaama oli noin kaksinkertainen Rauman edustan jätevesikuormitukseen verrattuna ja typpeä kuormitus 3–4-kertainen. Sen sijaan kuivana vuonna 2003 Eurajoen fosforivirtaama oli vain kolmannes Rauman edustan jätevesikuormituksesta. Typpivirtaama oli tuolloinkin kaksinkertainen. Ympäristöhallinnon VEPS-laskentajärjestelmän mukaan noin puolet Eurajoen

Ydinvoimalaitoksen päästöt minimiin

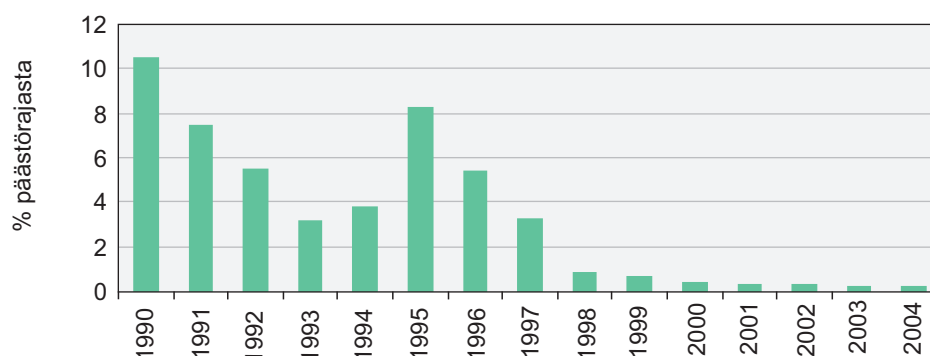
Olli Taivainen

Olkiluodon ydinvoimalaitoksen merkittävin ympäristökuormitus syntyy lämpimän jäähdytysveden johtamisesta Olkiluodon merialueelle. Tämä näkyy selvimmin talvella useiden neliökilometrien laajuisena sula-alueena ja jäätilanteen muutoksina. Muutoin jäähdytysvedestä johtuvat ympäristövaikutukset ovat lieviä. Vaikka todelliset mahdollisuudet lämpökuorman pienentämiseen ovat vähäiset, Olkiluodossa on pyritty löytämään ja kehittämään hukkalämmön hyödyntämismahdollisuuksia. Näitä ovat mm. täpläravun poikasten kasvatus entisessä lohilaitoksessa ja erilaisten hyötykasvien koeviljelmät lämmitetyllä avomaalla.

Voimalaitoksen radioaktiivisten aineiden päästöt ovat aina olleet pieniä ja selvästi päästörajojen alapuolella. Viime vuosina puhdistusjärjestelmiä on parannettu ja käyttöä optimoitu, minkä seurauksena gamma-aktiivisten aineiden päästöt vesistöön ovat vähentyneet noin 1/50-osaan 1990-luvun alun tasosta. Tämä näkyy radioaktiivisten pitoisuuksien pienenemisenä levissä, simpukoissa ja pohjasedimenteissä jäähdytysvesien purkualueella.



Olkiluodon voimalaitoksen jäähdytysveden vaikutusalue normaalijäätalvena (perustuu mallinnukseen). Sula-alueen koko vaihtelee talvesta ja talven ajankohdasta riippuen tyypillisesti 3 – 20 km²:iin.



Olkiluodon kahdesta voimalaitosyksiköstä vesistöön tulevat gamma-aktiivisten aineiden päästöt prosentteina vuotuisesta päästörajasta. Vuonna 2003 päästöt olivat yhteensä $5,9 \times 10^8$ Bq (luku ei sisällä tritiumia).

Kuva 48. Eurajoen fosfori- ja typpi-
virtaamat sekä keskivirtaama (MQ)
vuosina 1980–2003.



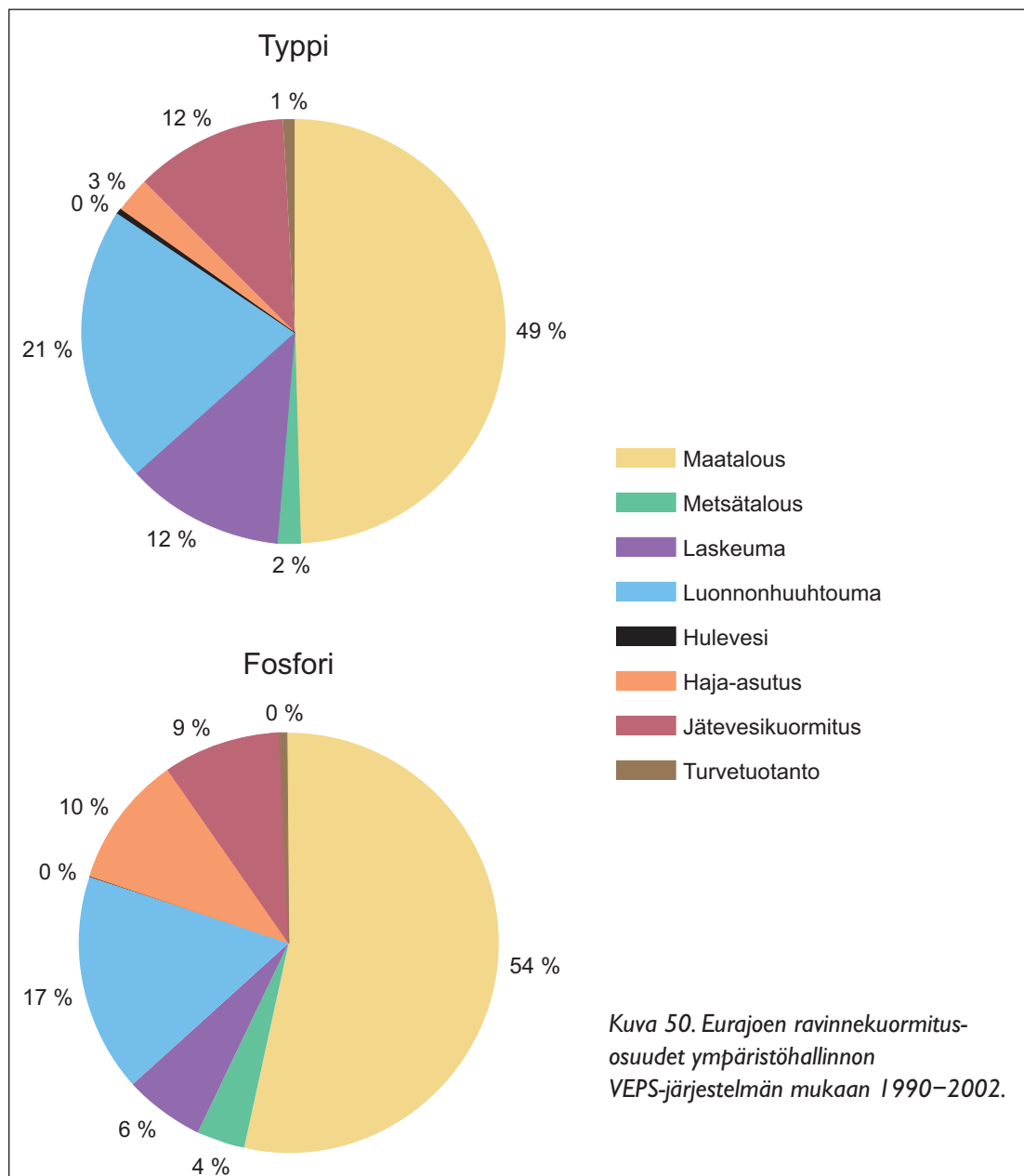
Kuva 49. Lapinjoen fosfori- ja typpi-
virtaamat sekä keskivirtaama (MQ)
vuosina 1980–2003.



ravinteista oli peräisin maataloudesta, noin kymmenesosa oli jätevesikuormitusta ja viidennes luonnonhuuhtoumaa (kuva 50). Vähäsateisina aikoina kuormitus tulee kuitenkin pääosin jätevesikuormituksena.

Lapinjoki (vesistöalue 462 km²) saa alkunsa metsä- ja suoalueilta ja virtaa Euran ja Lapin kuntien läpi Selkämereen. Joen vesistöalueella on lukuisia pieniä järviä. Rauman kaupunki ja Rauman metsäteollisuus ottavat pääosan raakavedestään Lapinjoesta; kuivina kausina sinne johdetaan lisäettä Eurajoesta. Joessa on yksi vesivoimalaitos. Vesi on ruskeaa ja humus-

pitoista, ja se sisältää runsaasti rautaa ja orgaanista ainesta. Veden käyttökelpoisuus on enimmäkseen tyydyttävää luokkaa. Lapinjoen ainevirtaamat ovat lähinnä hajakuormitusta. Joki kuljetti vuosina 1990–2002 mereen keskimäärin 5,3 tonnia fosforia ja 230 tonnia typpeä vuodessa (kuva 49). Fosforivirtaama on noin viidennes Eurajoen fosforivirtaamasta. Typpivirtaaman osuus sen sijaan on suhteellisesti suurempi eli kolmannes Eurajoen virtaamasta, mikä johtunee Lapinjoen vesistöalueen suuremmasta turvemaiden osuudesta.





Olkiluodon ydinvoimalaan on rakenteilla kolmas laitosyksikkö. Kuva: Raimo Sundelin.

Kirjallisuutta

- Jumppanen, K. & Mattila, J. 1994. Saaristomeren tilan kehitys ja siihen vaikuttavat tekijät. Lounais-Suomen vesien-suojeluyhdistys r.y. Julkaisu 82. Turku.
- Kirkkala, T. 1998. Miten voit Saaristomeri? Ympäristön tila Lounais-Suomessa 1. Lounais-Suomen ympäristökeskus. Turku. 71 s.
- Koponen, J., Helminen H. & Laihonon, P. 1998. Rauman edustan virtaus- ja vedenlaatumalli. Hankkeen loppu-raportti. Lounais-Suomen ympäristökeskus ja Suomen Ympäristövaikutusten Arviointikeskus Oy.
- Lehtinen, H. (toim.). 1995. Ympäristön tila Satakunnassa. Alueelliset tilaraportit 5. Suomen ympäristökeskus. Helsinki.
- Olkiluodon lähivesien velvoitetarkkailututkimukset. Lounais-Suomen vesiensuojeluyhdistys ry / Lounais-Suomen vesi- ja ympäristötutkimus Oy.
- Rauman merialueen velvoitetarkkailututkimukset. Lounais-Suomen vesiensuojeluyhdistys ry / Lounais-Suomen vesi- ja ympäristötutkimus Oy.
- Suomela, J. 2001. Saaristomeren tila vuosituhaten vaihteessa. Lounais-Suomen ympäristökeskuksen moniste 20/2001. Turku.
- Teollisuuden Voima Oy. 1999. Olkiluodon ydinvoimalaitoksen laajentaminen kolmannella laitosyksiköllä. Ympäristövaikutusten arviointiselostus, elokuu 1999.

Luvian, Porin ja Merikarvian edustan merialue

Reijo Oravainen

Luvian edustan merialue

Luvian rannikon edustalla on sokkeloista saaristoa ja matalia vesialueita, veden syvyys on vain muutama metri. Alueelle tulee hajakuormitusta pienvesistä. Huomattavin joki on Harjajuopa, johon johdetaan Luvian kunnan jätevedet. Saaristossa on runsaasti loma-asutusta.

Luvian merialueella on kasvatettu ruokakalaa 1980-luvun alusta lähtien. Kalankasvatus on kuitenkin vähentynyt viime vuosina merkittävästi, koska toiminta ei ole ollut taloudellisesti kannattavaa. Tuotanto on pienentynyt noin kolmannekseen 1990-lukuun verrattuna, mikä näkyy myös ravinnekuormituksessa (kuva 51).

Merialueen veden laatua luonnehtii lievä rehevyys, joka on voimakkaampaa rannikon läheisyydessä. Pienimuotoiset mökkirantojen ruoppaukset ja kalankasvatuksen aiheuttama rehevöityminen yhdessä hajakuormituksen kanssa samentavat vettä rannikon lähellä, joskin sameus vaihtelee laajalti tuuliolojen mukaan. Avomeren tuntumassa rehevyys vähenee selvästi ja vedet kirkastuvat. Rannikon lähivesien fosforipitoisuus on ollut keskimäärin yli 20 µg/l mutta laskee ulompana tasolle 10–15 µg/l, joka samoin kuvaa lievää rehevyyttä.

Pitemmällä aikavälillä fosforipitoisuus on ollut Luvian edustalla kasvussa, lukuun ottamatta aivan viime vuosia. Vuosina 1990–1995 se oli keskimäärin 15 µg/l mutta aikajaksolla 1996–2003 samalla alueella 23 µg/l (kuva 52). Tuuliolot vaikuttavat hetkellisiin pitoisuuksiin merkittävästi sekoittamalla vesimassaa. Rehevöityminen näkyy myös näkösyvyyden pienenemisenä 1980-luvun loppuun ja 1990-luvun alkuun verrattuna (kuvat 53 ja 64).

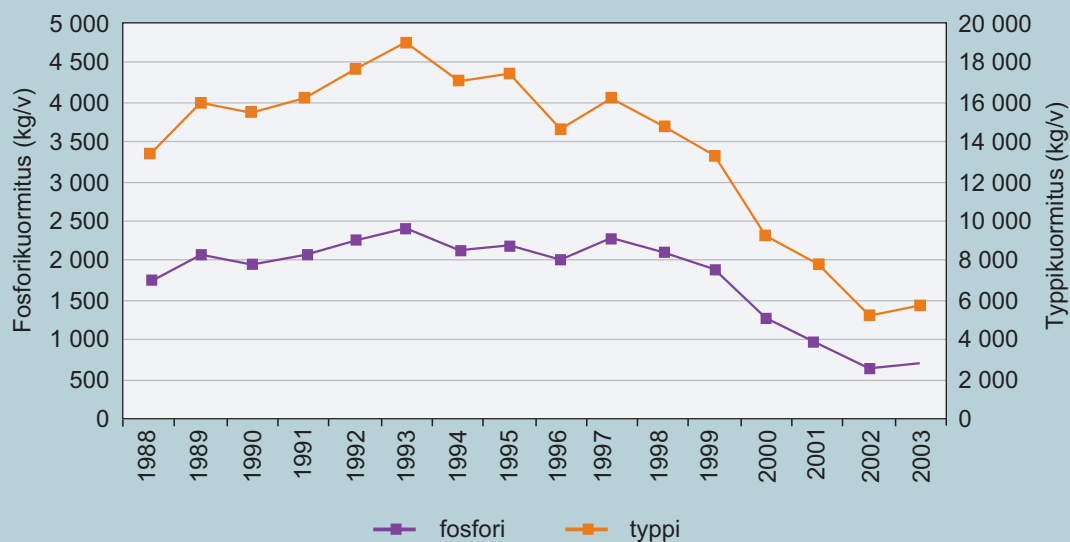
Vaikka kalankasvatus on viime vuosina vähentynyt, rehevyys ei ole kääntynyt laskuun. Tämä viittaa siihen, että

rehevyyttä aiheuttavat muutkin tekijät. Yhtenä syynä voisi olla sedimentteihin aikaa myöten varastoituneiden ravinteiden tehokas kierto matalissa rannikkovesissä. Myös Saaristomeren suunnasta tuleva taustakuormitus on voinut lisääntyä. Jos nämä tekijät ylläpitävät rehevyyttä, kovin nopeita muutoksia ei ole odotettavissa.

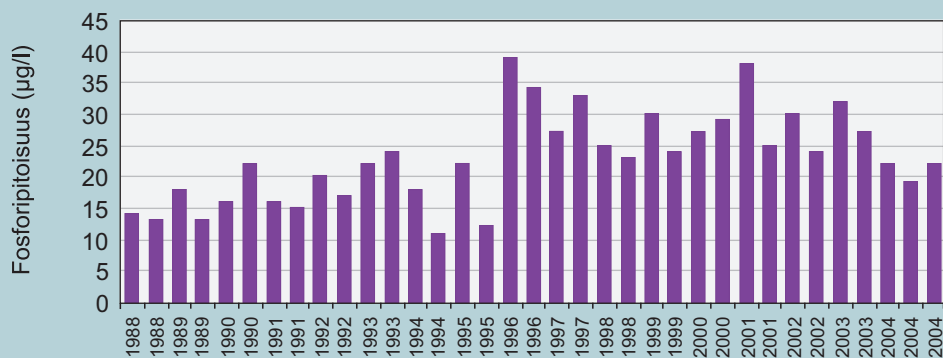
Kokemäen suisto ja Porin merialue

Kokemäenjoki on merkittävin Suomen puolelta Selkämereen laskeva joki ja maamme jokivesistöistä viidenneksi suurin. Valuma-alueen pinta-ala, 27 046 km², on 80 prosenttia Selkämereen idästä tulevien jokien valuma-alueiden kokonaispinta-alasta. Kokemäenjoen keskivirtaama on noin 240 kuutiometriä sekunnissa. Varsinainen Kokemäenjoki alkaa Vammalasta Liekoveden luusuasta ja kulkee Äetsän, Huittisten, Kokemäen ja Harjavallan kautta Poriin, missä se laskee Pihlavanlahden kautta Selkämereen.

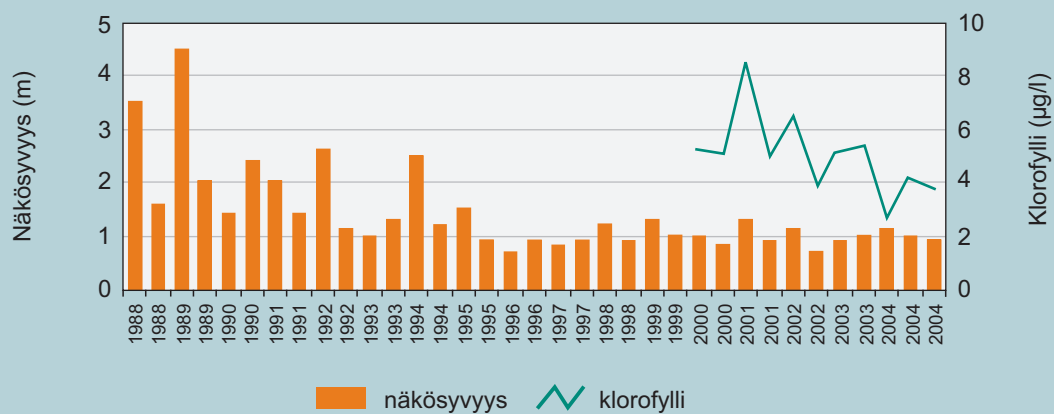
Kokemäenjoen suistoalue, Pihlavanlahti, on madaltunut maan kohoamisen ja joen kuljettaman kiintoaineksen vaikutuksesta. Myös Ahlaisten rannikkovedet ovat matalaa, saarten pirstomaa aluetta, jossa syvyys vaihtelee 3–8 metriin. Kokemäenjoki tuo Pihlavanlahteen vettä noin 20 miljoonaa kuutiometriä vuorokaudessa, joten suistoalueen ja sisäsaariston vedet vaihtuvat keskimäärin muutaman vuorokauden aikana. Osa jokivedestä leviää saariston läpi pohjoiseen, osa kulkeutuu Reposaaressa maantiesillan alitse Eteläselälle ja edelleen Mäntykallion kautta avomerelle. Virtaus jakautuu suunnilleen puoliksi näiden suuntien kesken, mutta osuudet vaihtelevat jonkin verran. Jokivettä esiintyy siten myös Reposaaressa edustalla ja ajoit-



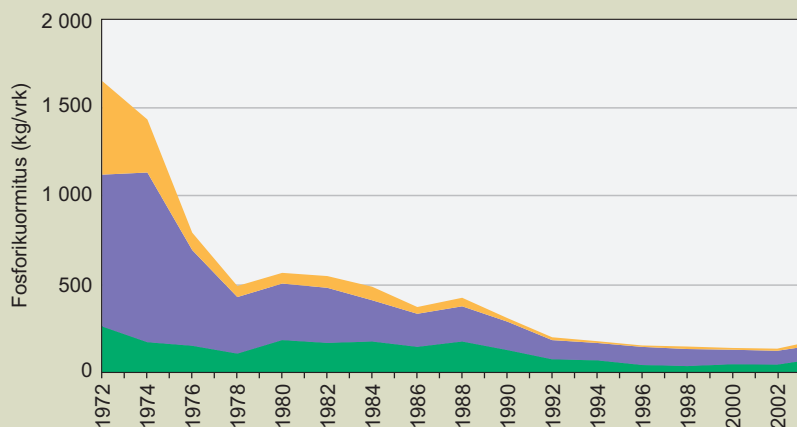
Kuva 51. Luvian kalankasvatuksesta aiheutuva fosfori- ja typpikuormitus 1988–2003.



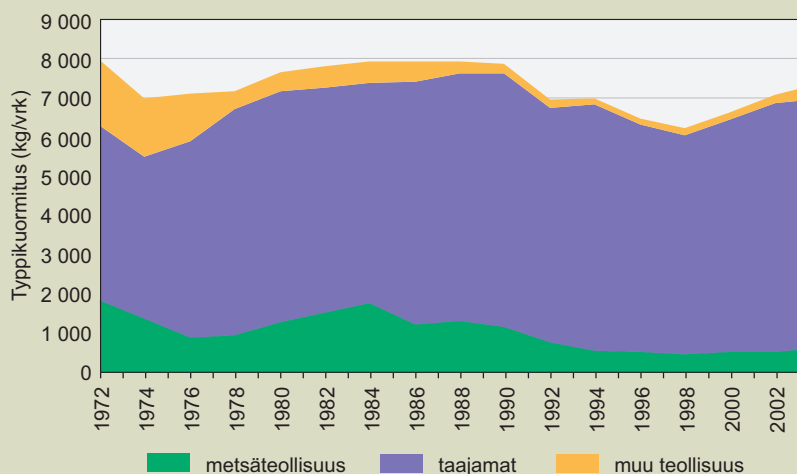
Kuva 52. Luvian saaristo, Huhtmaan itäpuoli: veden kokonaisfosforipitoisuus loppukesällä 1988–2004.



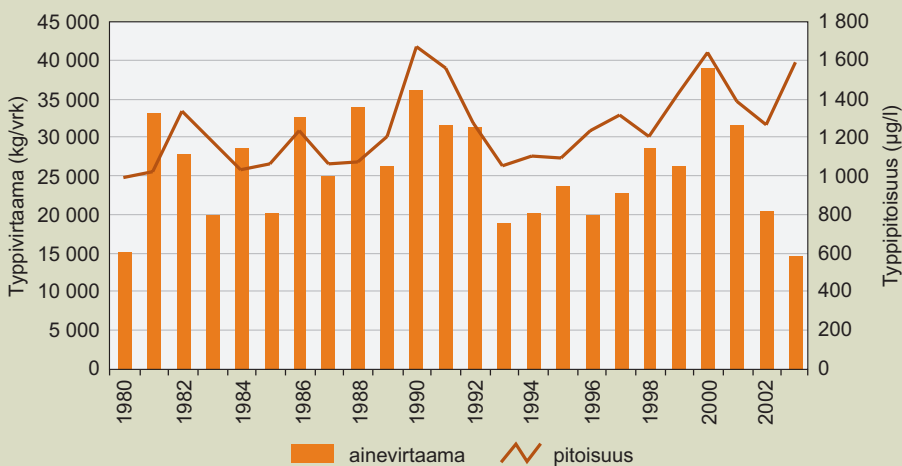
Kuva 53. Luvian saaristo, Huhtmaan itäpuoli: näkösyyvyys ja klorofylli loppukesällä 1988–2004.



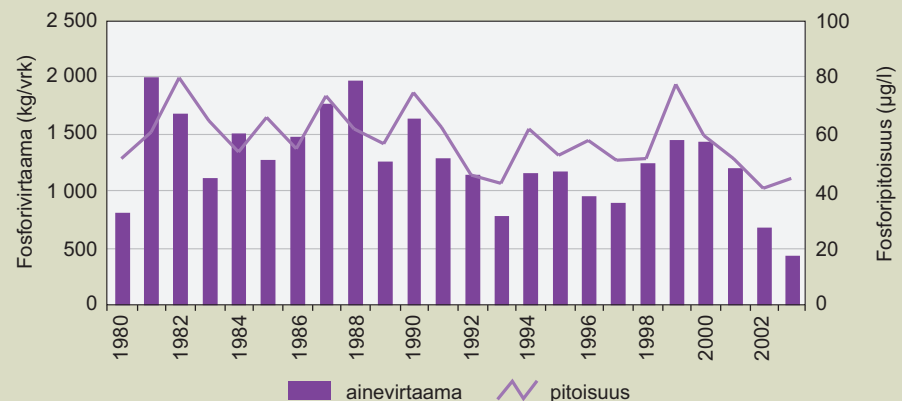
Kuva 54. Kokemäenjoen vesistöalueelta jätevesien mukana tuleva fosforikuormitus 1972–2003.



Kuva 55. Kokemäenjoen vesistöalueelta jätevesien mukana tuleva typikuormitus 1972–2003.



Kuva 56. Kokemäenjoen typi-
virtaamat ja typipitoisuus
1980–2003.



Kuva 57. Kokemäenjoen fosfori-
virtaamat ja fosforipitoisuus
1980–2003.

tain myös etelämpänä Säpin suunnassa. Talvella jokivesi leviää merialueelle hyvin ohuena jäänalaisena kerroksena. Vaikutusalueen laajuus riippuu lähinnä talven jäätilanteesta.

Koska merivirrat kulkevat Selkämeren itäreunalla pohjoiseen, Kokemäenjoen vaikutus tuntuu Porin merialueella eniten pohjoisessa. Rannikon suuntaisesti liikkuvan päävirtauksen nopeus on 2–4 senttimetriä sekunnissa, joten vesi etenee vuorokaudessa ainakin pari kilometriä. Virtaus voi olla voimakkaampikin ja suunnaltaan jopa päinvastainen. Talviaikana makeaa vettä kulkeutuu etelään, jos merialueelle muodostuu pysyvä jääpeite. Jokiveden vaikutus näkyy selvästi mm. Reposaaressa länsirannalla voimakkaana veden laadun ja suolapitoisuuden vaihteluna.

Vesi sekoittuu ja laimenee Porin merialueella hyvin. Tämä ilmenee mm. pohjan laadusta, joka on yleensä hiekkaa tai soraa. Epäyhtenäisesti esiintyvillä savipohjillakin pinta on hiekan peittämä, mikä osoittaa myös hiekkakerroksen tietyissä oloissa liikuvan.

Meren pohja syvenee Mäntyluodon edustalla loivasti ja varsin tasaisesti ulkomerelle päin. Suuria ja syviä altaita ei ole. Kemira Pigments Oy:n entisen purkualueen lounaispuolella on pieni vajoama, johon aiemmin kertyi laimentumatonta jätevettä. Lisäksi Reposaaressa ja Kaijakerin välissä on kynnyksellinen allasmuodostuma. Syvyys kasvaa ulkomerta kohti siten, että 30 metrin syvyys saavutetaan noin 10 kilometrin päässä ja 50 metrin syvyys 20 kilometrin päässä rannikosta. Yli 100 metriin päästään vasta kaukana ulkomerellä.

Hajakuormitus pääosassa

Kokemäenjoen ja Porin edustan merialueen yhteistarkkailu aloitettiin 1974. Veden laatu oli tuolloin huono mutta parani välttämättä 1980-luvulla. Lopullinen muutos ajoittui metsäteollisuuden rakennemuutokseen, jonka seurauksena orgaaninen happea kuluttava kuormitus laski murtoosaan aikaisemmasta.

Nykyisin veden laatu on tyydyttävä. Hyvään vedenlaatuun verrattuna laatuluokkaa alentavat ravinteiden runsaus ja veden

samentuneisuus. Happitilanne sen sijaan on hyvä. Veden laadun heikkeneminen johtuu pääosin hajakuormituksesta, jota tulee etenkin Loimijoen valuma-alueelta. Hajakuormituksesta johtuen veden laatu vaihtelee valumien mukaan. Yhdyskuntien ja teollisuuden kuormitus ei enää aiheuta selviä laatumuutoksia. Yhdyskuntajätevesistä saadaan fosfori poistetuksi tehokkaasti, mutta typpikuormitus ei ole vähentynyt vastavasti (kuvat 54 ja 55). Porin seudun jätevesikuormitus heikentää kuitenkin ajoittain veden hygieenisen laadun Isojuopassa huonoksi. Merialueelle saakka vaikutukset eivät merkittävinä ulotu.

Kokemäenjoki kuljettaa mereen keskimäärin 26 200 kg typpeä ja 1 250 kg fosforia vuorokaudessa.

Jokiveden keskimääräinen typpipitoisuus on 1260 µg/l ja fosforipitoisuus 59 µg/l. Ravinnepitoisuudet ovat noin kolminkertaisia luonnontasoon verrattuna.

Jätevesikuorman osuus ilman ravinteiden pidättymistä ja sedimentaatiota on 36 % joen typpikuormasta ja 13 % joen fosforikuormasta. Loppuosa on hajakuormitusta. Koska typpeä pidättyy järville, sen osuus mereen päätyvästä kuormituksesta on laskennallista pienempi. Mereen kohdistuva typpivirtaama ei ole vähentynyt, mutta fosforivirtaama on pienentynyt jätevesien käsittelyn tehostumisen myötä (kuvat 56 ja 57). Myös vuosien 2002–2003 kuivuus pienensi ainevirtaamia tuntuvasti.

Pihlavanlahti ja Ahlaisten saaristo

Kokemäenjoen suuren virtaaman ansiosta vesi vaihtuu Pihlavanlahdessa nopeasti. Yleensä koko lahti on makeavesinen. Veden laatu on nykyisin tyydyttävä, se on parantunut Kokemäenjoen vedenlaadun parantumisen myötä. Rehevyys on kuitenkin edelleen voimakasta ja vaihtelee valumatilanteen mukaan. Jätevesikuormituksen huomattavan vähenemisen takia veden laatu on nykyisin parhaimmillaan pienten jokivirtaamien vallitessa, päinvastoin kuin aiemman voimakkaan kuormituksen aikana. Porin seudulta tuleva kuormitus näkyy enää lähinnä veden hygieenisen laadun vaihteluna.

Tuula Kohonen ja Aarno Kotilainen

Vesiin tuleva haitta-ainekuormitus näkyy aineiden kohonneina pitoisuuksina pohjasedimentissä ja ravintoketjussa. Selkämeren ulappa-alueen sedimenteissä on ollut raskasmetalleja yleensä vähemmän kuin Perämeren tai Suomenlahden sedimenteissä. Titaani- ja vanadiinipitoisuudet sen sijaan olivat Selkämeren sedimenteissä vielä 1990-luvun alussa korkeita. Porin Mäntyluodossa sijaitsevan titaanidioksiditehtaan purkuputken lähistölle oli tuolloin kertynyt huomattavia määriä titaania ja vanadiinia. Tehtaan päästöt ovat nyt loppuneet lähes kokonaan. Silakan kadmiumpitoisuudet Selkämerellä nousivat 1990-luvun lopulla, vaikka kadmiumkuormitus oli vähentynyt.

Kokemäenjoen suistoalueen kaloissa aiemmin havaitut korkeat elohopeapitoisuudet johtuivat kloorialkali- ja puunjalostusteollisuuden päästöistä. Jokisedimentin elohopeapitoisuudet ovat paikoin vieläkin korkeita, mutta rannikon pintasedimentissä elohopeapitoisuus oli 1990-luvun alkuun mennessä alentunut 1970-luvun arvosta 4 mg/kg arvoon 1,4 mg/kg. Elohopeakuormituksen vähentymisen ja ruoppausten seurauksena Porin sataman sedimenttien elohopea-arvot olivat alle 0,17 mg/kg vuonna 2000. Raskasmetalleja on aikojen kuluessa kertynyt rannikkoalueen sedimenttiin, josta niitä yhä siirtyy ravintoketjuun.

Orgaaniset ympäristömyrkyt, kuten dioksiinit, polyklooratut bifenyylit (PCB) ja tributyyliina (TBT), sitoutuvat rasvaliukoisina sedimentin orgaaniseen ainekseen. Sedimentissä ne säilyvät vuosikymmeniä, vaikka niiden päästöt merialueelle olisivat loppuneet. Vuonna 2004 julkaistun EU-KALAT -tutkimuksen mukaan Selkämeren lohissa ja silakoissa havaitut dioksiinipitoisuudet ovat moninkertaiset EU:n asettamaan (TEQ-) raja-arvoon 4 pg/g verrattuna. Dioksiinien lisäksi kaloihin oli kertynyt PCB-yhdisteitä. Myös ruotsalaisissa tutkimuksissa on havaittu raja-arvon ylittäviä dioksiinipitoisuuksia Selkämereltä pyydetyissä silakoissa. Dioksiinien päästölähte on toistaiseksi selvittämättä.

Vaikka teollisuuden haitta-ainekuormitus on viime vuosikymmeninä huomattavasti vähentynyt, vanhoista päästöistä koituu edelleen ongelmia. Sedimenttiin varastoituneita raskasmetalleja ja orgaanisia ympäristömyrkyjä siirtyy pohjaeläimiin. Kun myrskyt ja laivaliikenne sekä ruoppaus- ja läjitystoiminta sekoittavat syvempiä sedimenttikerroksia, näihin sitoutuneita haitta-aineita vapautuu veteen ja siirtyy ravintoverkkoon.

Kirjallisuutta

- Hallikainen, A., Kiviranta, H., Isosaari, P., Vartiainen, T., Parmanne, R. ja Vuorinen, P.J. 2004. Kotimaisen järvi- ja merikalan dioksiinien, furaanien, dioksiinien kaltaisten PCB-yhdisteiden ja polybromattujen difenyylieettereiden pitoisuudet. EU-KALAT. Elintarvikeviraston julkaisuja 1/2004. 47 s. ja liitteet.
- Helcom 2002. Environment of the Baltic Sea area 1994-1998. Baltic Sea Environ. Proc. No 82 B. 215 s.
- Pitkänen, H. (toim.) 2004. Rannikko- ja avomerialueiden tila vuosituhannen vaihteessa. Suomen Itämeren suojeluohjelman taustaselvitykset. Suomen ympäristö 669. Suomen ympäristökeskus. Helsinki. 104 s.

Vielä 1970-luvun alussa Pihlavanlahden vesi oli huonolaatuista: se haisi ”sel-lulle” ja happi oli vähissä. Tilanteen kor-jaantuminen näkyy happipitoisuuden nou-suna ja kemiallisen hapenkulutuksen vä-henemisenä. Metsäteollisuuden jätevesistä johtuneet haju- ja makuhaitat ovat poistu-neet. Selvin Pihlavanlahden tilassa tapah-tunut muutos on veden fosforipitoisuuden voimakas vähentyminen (kuvat 58 ja 61), mutta veden klorofyllipitoisuuksissa mer-kitsevää kehityssuuntaa ei ole (kuvat 59 ja 62). Tämä johtuu siitä, että aiemmin jäte-vesien haitta-aineet rajoittivat levätuotan-toa ja nykyisin voimakas samennus heiken-tää levien kasvua runsaista ravinnemää-ristä huolimatta. Kokonaistypen talviarvot ovat nousussa (kuva 60).

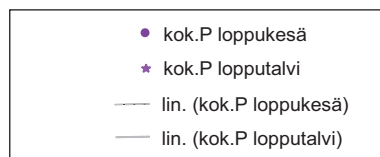
Ahlaisten saaristossa jokiveden ja murtoveden osuudet vaihtelevat suuresti. Jokiveden vaikutus on tuntuva, joskin sen voimakkuus riippuu Kokemäenjoen virtaa-man lisäksi meriveden korkeusvaihteluista ja virtauksista. Veden laatu Ahlaisten saa-ristossa on tyydyttävä, jokivesi samentaa ja rehevöittää saaristoaluetta. Fosforipitoi-suudessa on tapahtunut Pihlavanlahden tapaan selvää myönteistä kehitystä (kuva 61). Typpipitoisuus on nousussa ja sama pätee näkösyvyyteen (kuvat 63 ja 64). Klorofyllipitoisuudet vaihtelevat voimak-kaasti, eikä selvää kehityssuuntaa ole to-dettavissa (kuva 62). Talvinen happitilanne on saaristossakin parantunut.

Rehevää ulpukkakasvustoa Kokemäenjoen suistossa. Kuva: Juha Manninen.

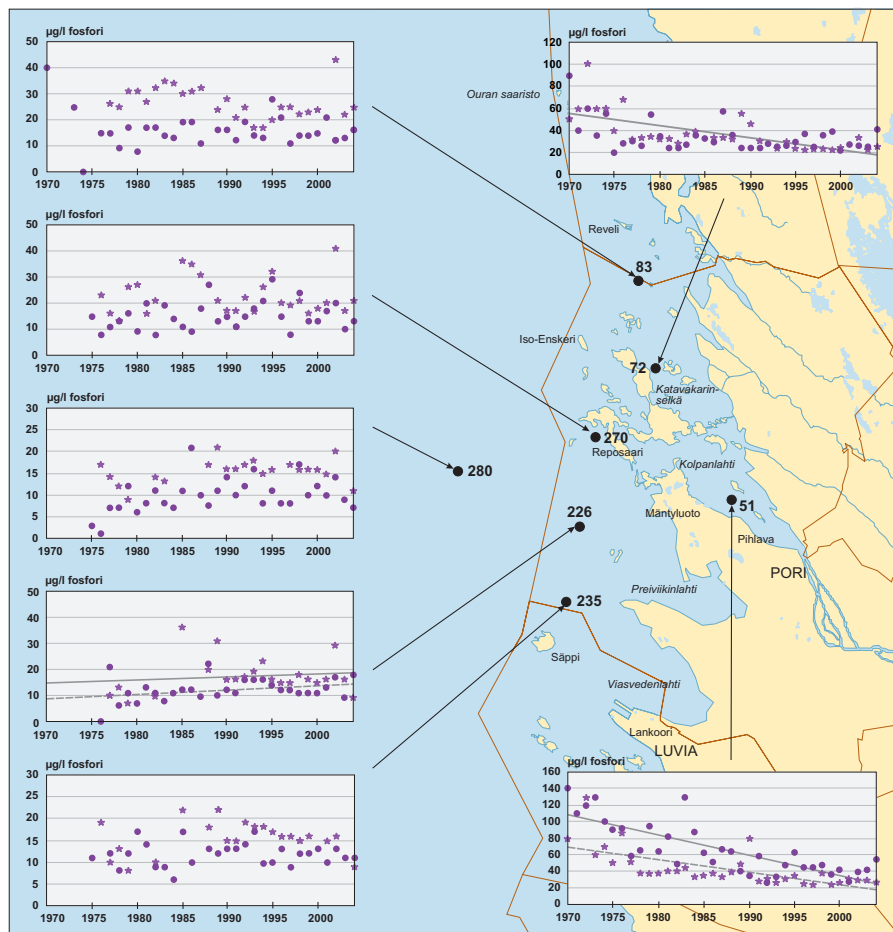


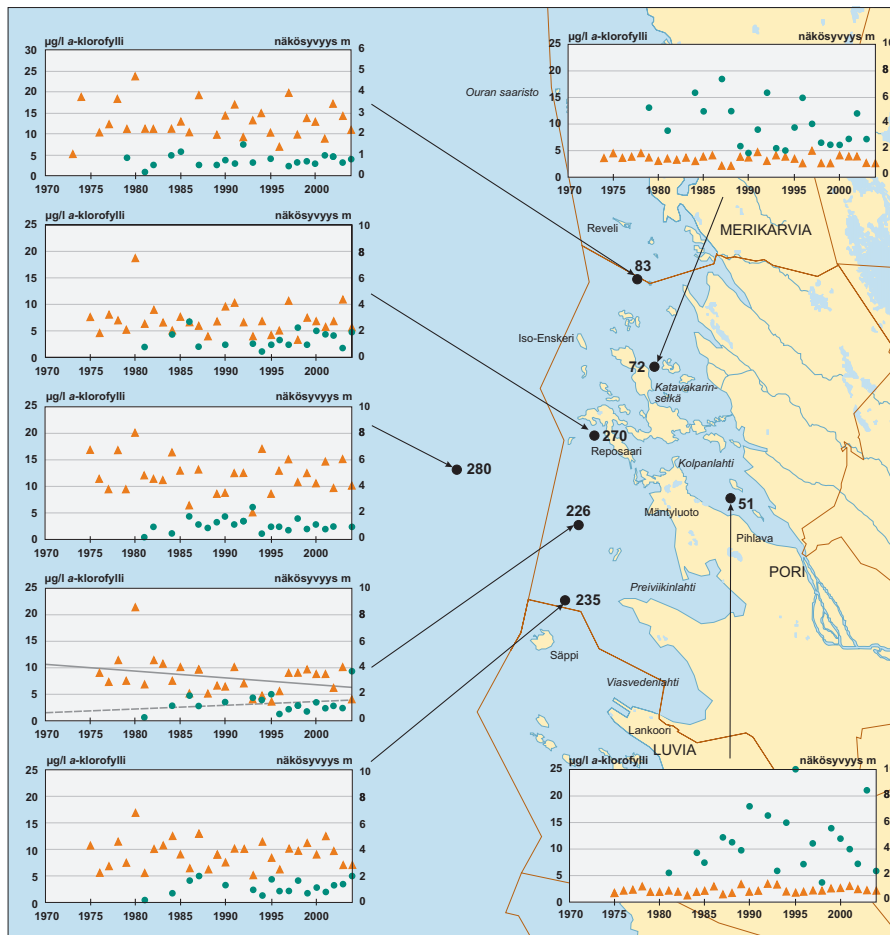


Ahlaisten saaristoa, etualalla Sandö. Kuva: Juha Manninen.

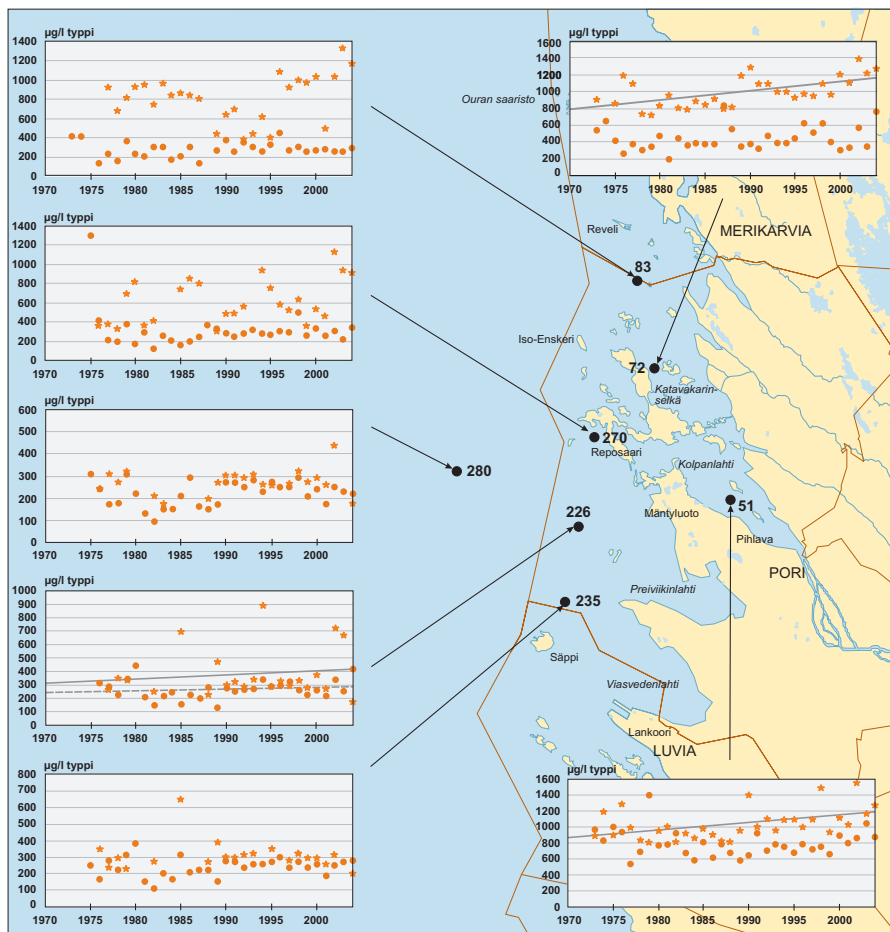


Kuva 58. Veden kokonaisfosforipitoisuuden kehitys Porin edustan merialueella loppotalvella ja loppukesällä 1970–2004.

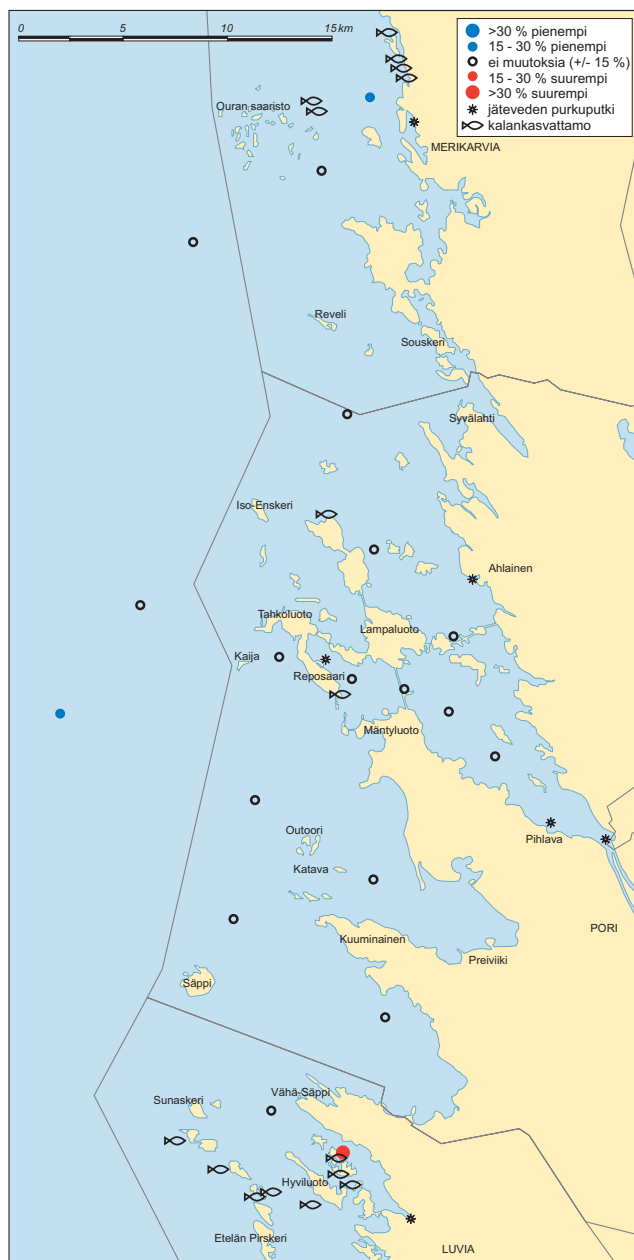




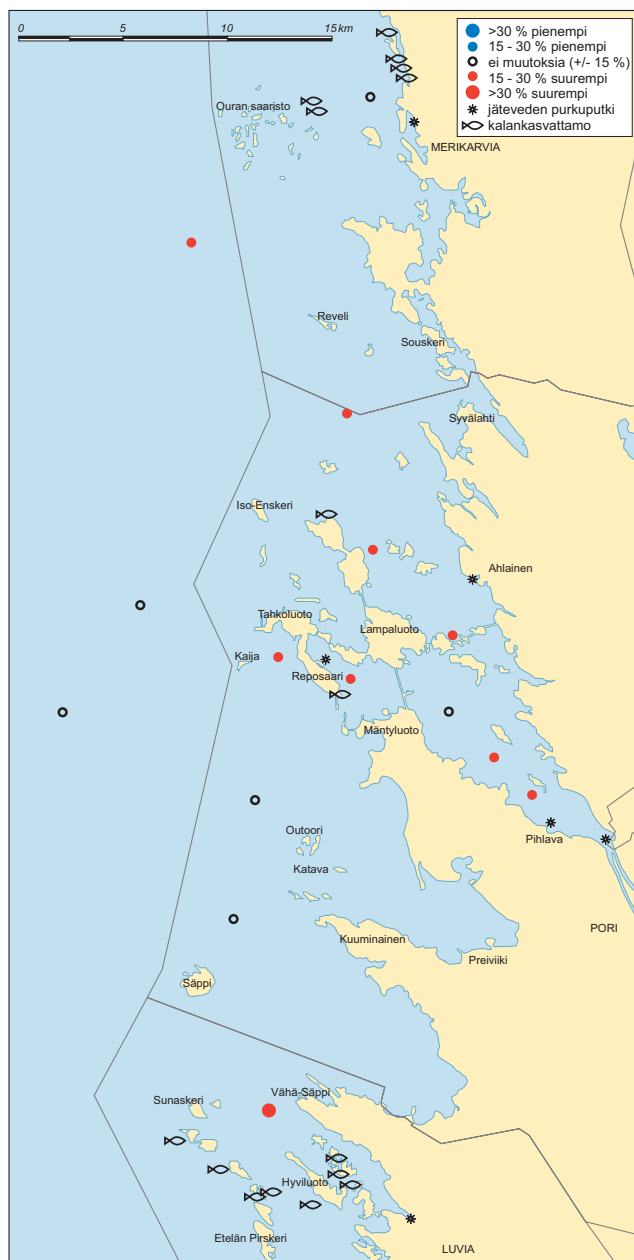
Kuva 59. Veden klorofyllipitoisuuden ja näkösyvyyden kehitys Porin edustan merialueella loppukesällä 1973–2004.



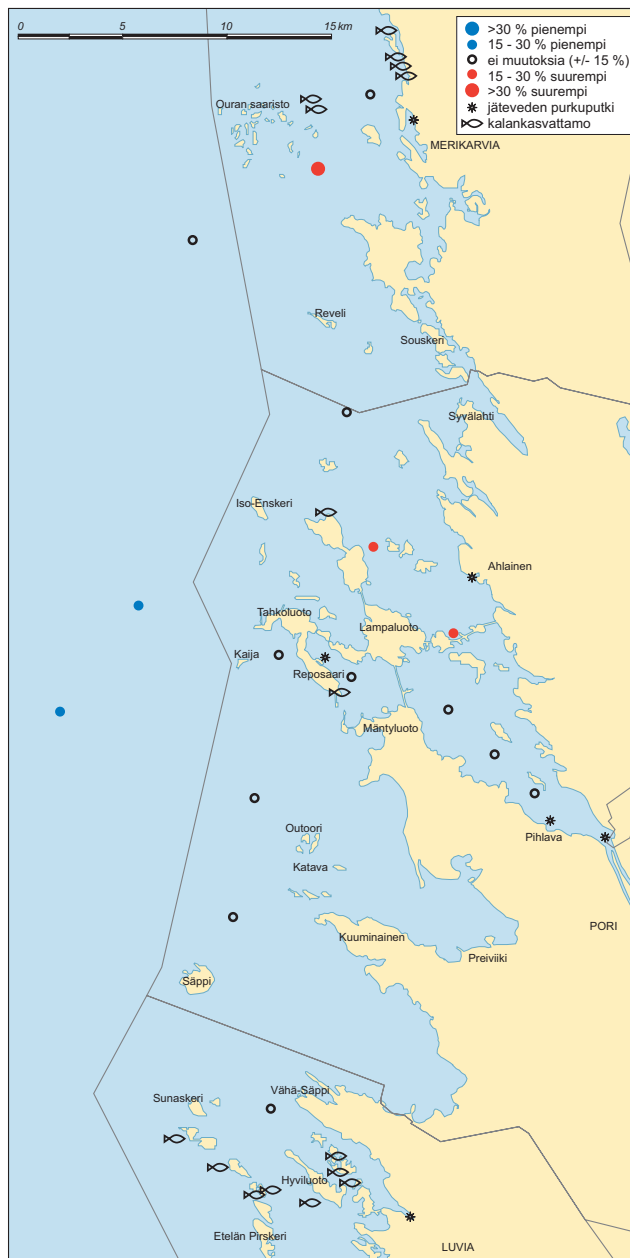
Kuva 60. Veden kokonaistyyppipitoisuuden kehitys Porin edustan merialueella loppupalvella ja loppukesällä 1973–2004.



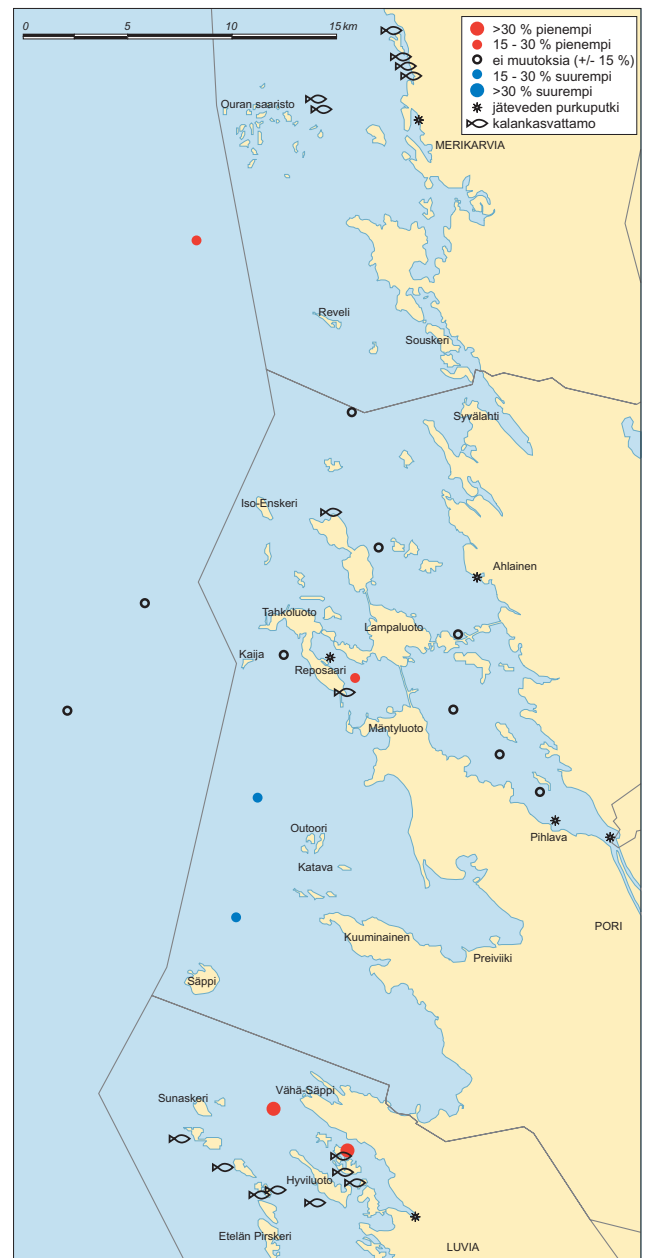
Kuva 61. Veden keskimääräisen kokonaisfosforipitoisuuden muutos Porin edustan merialueella loppukesällä vuosina 2000–2004 verrattuna vuosiin 1990–1994.



Kuva 62. Veden keskimääräisen klorofyllipitoisuuden muutos Porin edustan merialueella loppukesällä vuosina 2000–2004 verrattuna vuosiin 1990–1994.



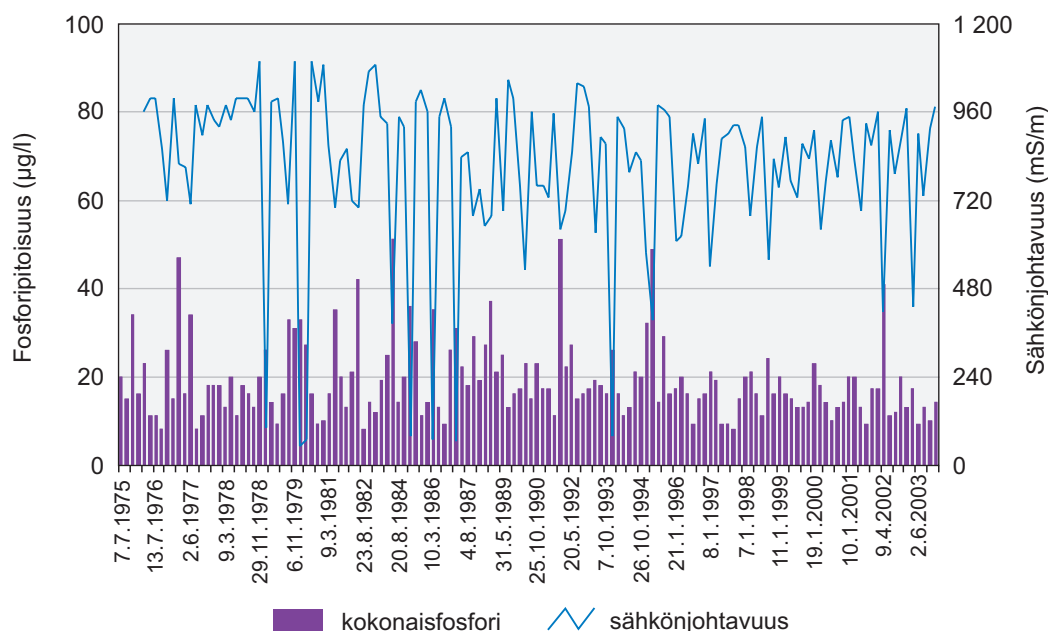
Kuva 63. Veden keskimääräisen kokonaistyyppipitoisuuden muutos Porin edustan merialueella loppukesällä vuosina 2000–2004 verrattuna vuosiin 1990–1994.



Kuva 64. Veden keskimääräisen näkösyvyyden muutos Porin edustan merialueella loppukesällä vuosina 2000–2004 verrattuna vuosiin 1990–1994.

Jäälauttoja avomeren tuntumassa. Kuva: Raimo Sundelin.





Kuva 65. Pintaveden kokonaisfosforipitoisuus ja sähkönjohtavuus Reposaaren länkipuolella 1975–2003.

Ulommat rannikkovedet

Ulkomerialueen vedenlaatu on ollut pääsääntöisesti hyvä. Kokemäenjoen makean ja ravinnepitoisen veden vaikutus ulottuu Porin edustalla varsin laajalle. Se näkyy ajoittain 10–20 kilometrin päässä joen suulta ja on sitä voimakkaampi, mitä lähemmäksi jokisuuta tullaan. Jokivesien vaikutus voidaan erottaa helposti sähkönjohtavuuden mittauksella, koska makean veden suolapitoisuus on murtoveden suolaisuuteen verrattuna hyvin pieni. Puhdas murtovesi on erittäin kirkasta ja vähäravinteista, sen rautapitoisuus on alhainen ja näkösyvyys useita metrejä. Jokiveden vaikutuksesta vesi samenee, raudan määrä kasvaa ja rehevyys lisääntyy. Rautapitoisuutta Porin edustan merialueella

on lisännyt myös Kemira Pigments Oy:n aiemmin suuri rautakuormitus. Vesimassejen vaihtelua kuvaavat pintaveden fosfori- ja sähkönjohtavuusmittausten tulokset (kuva 65).

Porin edustan ulkomerialue on pysynyt varsin karuna Kokemäenjoen tuomasta merkittävästä ravinnekuormasta huolimatta. Rehevyys on vähäisempää kuin Suomenlahdella tai Saaristomerellä. Ulkomeri luokitellaan kuitenkin lievästi reheväksi. Rehevyystaso ei ole laskenut kuten rannikon läheisyydessä. Uloimman havaintopisteen (280) fosfori- ja typpipitoisuuksissa on päinvastoin lievää, joskaan ei tilastollisesti merkitsevää nousua (kuvat 58 ja 60). Itämeren yleinen rehevöityminen voi siten tuoda taustakuormaa Selkämerelle saakka.

Tuloksekasta vesiensuojelua kemianteollisuudessa

Pekka Lammi

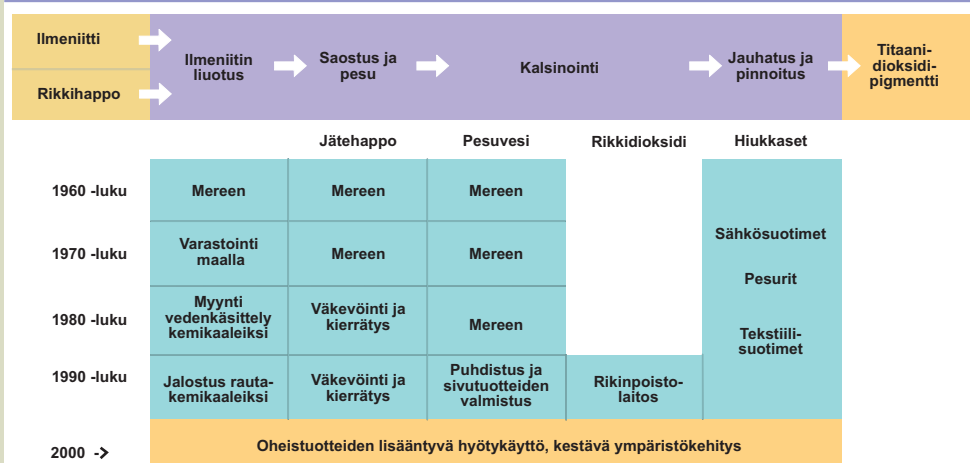
Kemira Pigments Oy:n titaanidioksiditehdas tunnettiin aiemmin nimellä Vuorikemian tehdas. Se aloitti toimintansa Porissa vuonna 1961 ja oli aikoinaan Selkämeren suurimpia kuormittajia. Syynä olivat tehtaan rikkihappoa ja rautasulfaattia sisältäneet jätevedet, jotka johdettiin mereen noin viiden kilometrin päähän rannikosta. Jätevesistä aiheutui Porin edustalla harjoitetulle silakan ja siian pyynnille laajaa julkisuutta saaneita haittoja. 1980-luvun puolivälistä lähtien tehtaalla on toteutettu mittavaa ympäristönsuojeluohjelmaa, jonka avulla päästöt on saatu kuriin. Vesiensuojelun ohella Kemira Pigments on investoinut ilmansuojeluun ja jätehuoltoon.

Kemira Pigmentsin vesiensuojelutoimien avainsana on kierrätys. Titaanidioksidin valmistuksessa syntyvä jätehappo haihdutetaan väkeväintyksiköissä siten, että se voidaan palauttaa takaisin sisäiseen kiertoon. Jätehapon haihdutuslinjojen kapasiteettia lisättiin vuosien varrella useita kertoja, kunnes kaikki kierrätettäväksi soveltuva jätehappo voitiin käsitellä. Jätevesi-ongelma poistui lopullisesti, kun tehtaan uusi jätevedenpuhdistamo otettiin käyttöön vuonna 1997. Sen jälkeen rikkihapon ja rautasulfaatin sekä raskasmetallien kuten lyijyn, kromin ja vanadiinin määrä mereen johdetussa jätevedessä on pudonnut nollaan.

Titaanidioksidin valmistuksessa syntyvistä oheistuotteista tärkein on ferrosulfaatti. Sitä käytetään nykyisin etenkin jätevesien puhdistuksessa ja ferrisulfaatiksi jalostettuna talousveden puhdistuksessa. Muita käyttöalueita ovat mm. rautaoksidipigmenttien, rehujen, sementin ja lannoitteiden valmistus. Kemira Pigments Oy on tällä hetkellä EU:n alueella merkittävin ferrosulfaatin tuottaja. Yhtiö investoi parhaillaan uuteen teknologiaan voidakseen vastata ferrosulfaatin lisääntyvään kysyntään vedenpuhdistamoissa ja sementtiteollisuudessa.

Porin edustan merialueen kalastoa, pohjaeläimistöä, pohjasedimenttejä ja veden laatua on tutkittu useiden tutkimuslaitosten ja yliopistojen voimin sekä erillisinä tutkimushankkeina että jätevesilupien edellyttämänä velvoitetarkkailuna. Uusimmat velvoitetarkkailuraportit osoittavat, että Kemiran toteuttamat suojelutoimet ovat tuottaneet tulosta. Veden laatu on jätevesien purkualueella palautunut lähes luonnontilaiselle tasolle, ja pohjaeläimistö on toipumassa hyvää vauhtia.

Ympäristösuojelun tehostaminen Kemira Pigments Oy:n tehtaalla





Outoori. Kuva: Juha Manninen.

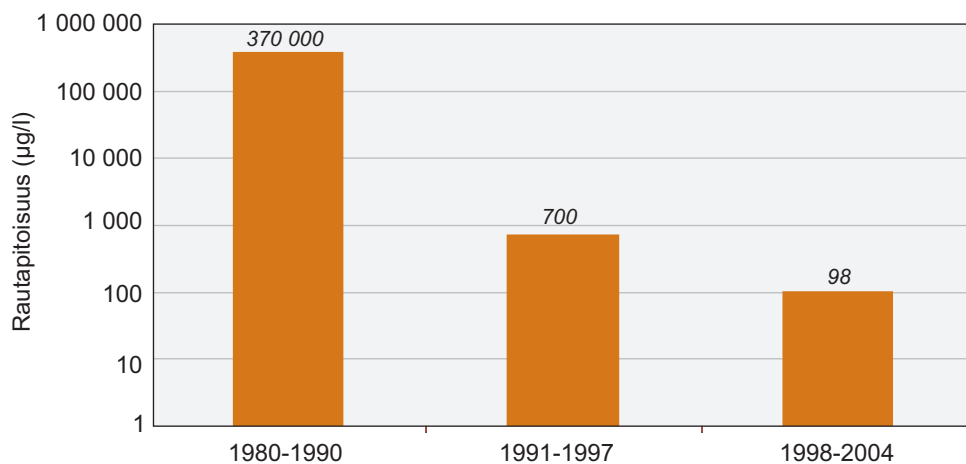
Kemira Pigments Oy:n jätevesien purkualue

Vielä 1980-luvulla Kemira Pigments Oy:n jätevesien purkualueella lähellä pohjaa oli hyvin hapanta, heikosti laimentunutta jätevettä, jonka pH oli vain 1–2 ja rautapitoisuus jopa useita grammoja litrassa. Jätevesi valui kohti ulkomerta ja sekoittui vähitellen murtoveteen. Jäteveden laimentuessa sen sisältämä rauta saostui hydroksideina, samensi meriveden ja värjäsi sen ruskeaksi. Saostumia esiintyi myös pintavedessä. Kalastajat kokivat haitat pyydysten likaantumisenä ja saaliiden vähentymisenä. Puheenaiheita olivat ”silmättömät silakat ja keitetyt kalat”.

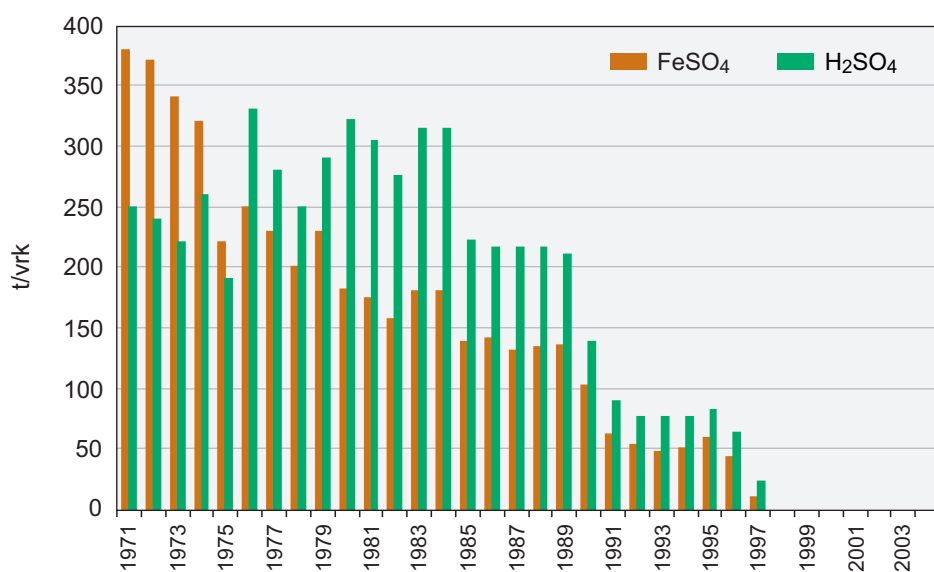
Nykyisin tehtaan purkualueella ei ole enää todettavissa jätevesien vaikutuksia (ks. tietolaatikko s. 78). Meriveden pH ja rautapitoisuus pohjan lähellä ovat samaa tasoa kuin rannikon edustalla yleensä. Pohjalla rautaa on jopa vähemmän kuin jokiveden leimaamassa pintavedessä. Myös näkösyvytydet ovat kasvaneet. Rauta-

pitoista ja sameaa vettä on lähinnä ulkomeren puolella yli 30 metrin syvyydessä. Lievän samennuksen lisäksi tässä vesimassassa on havaittu vähäistä happijetta. Syväveden rautapitoisuuden nousu voi osin johtua aiemmasta rautakuormituksesta, joka on vähitellen levinnyt ulapan syville alueille. Vuosina 1998–2004 rautapitoisuus on ollut ulkomerellä pohjan lähellä keskimäärin $190 \mu\text{g/l}$, kun purkualueen pitoisuus on $98 \mu\text{g/l}$ (kuva 66). Tulos kertoo tilanteen täydellisestä muutoksesta.

Rautasulfaatti- ja rikkihappokuormitus loppuivat tehtaan nykyisen jäteveden puhdistamon valmistuttua (kuva 67). Samalla loppui myös raskasmetallikuormitus. Jätevedessä on enää lähinnä sulfaatteja ja mangaania, joiden haitallisuus merivedessä on oleellisesti pienempi kuin aiemman kuormituksen. Purkuputkea lyhennettiin, ja jätevedet johdetaan nykyisin kahden kilometrin päähän Karhuluodon rannasta. Uudella purkualueella ei ole todettu merkittäviä veden laadun muutoksia.



Kuva 66. Pohjanläheisen veden keskimääräinen rautapitoisuus Kemira Pigments Oy:n purkualueella eri ajanjaksoilla.



Kuva 67. Kemira Pigments Oy:n rautasulfaatti- ja rikkihappokuormituksen kehitys 1971–2004.

Kokemäenjoen metallikuormitus

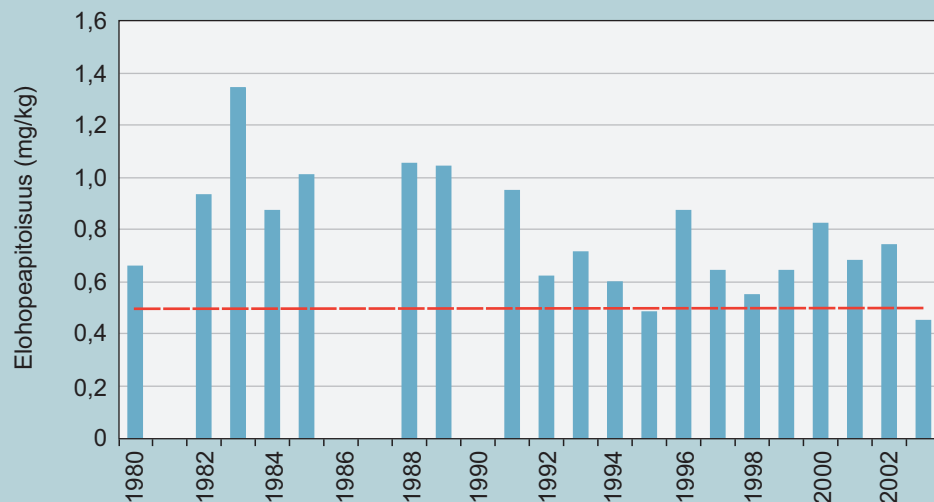
Vesistöihin kohdistuva metallikuormitus on ollut Kokemäenjoen varrella merkittävää. Erityisesti elohopea on tuottanut ongelmia. Finnish Chemicalsin Äetsän tehtaassa elohopeakuormitus saatiin pienennetyksi 1970-luvun alussa prosessiteknisin toimenpitein. Muut kuormituslähteet poistuivat pääosin 1980-luvun aikana. Kokemäenjoen nykyinen elohopeakuormitus on enää alle 5 kg/v. Suurimmillaan se oli yli 300 kg/v.

Elohopeaa kertyi joen pohjalietteen ja petokaloihin, hauet olivat pahimmillaan syömäkelvottomia. Kuormituksen loputtua tilanne on alkanut parantua. Sedimenttei-

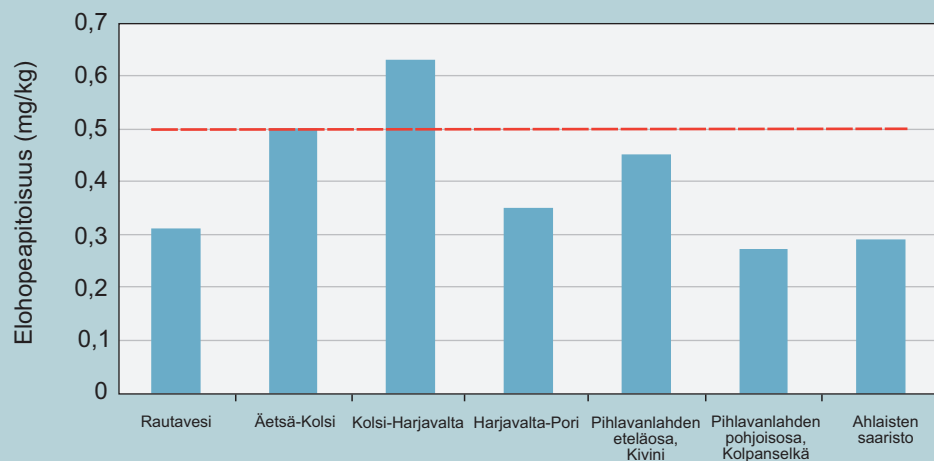
hin varastoitunutta elohopeaa on huuhtoutunut mereen tai hautautunut vähitellen pohjalietteen. Kalojen osalta elohopea-ongelma on siten poistumassa (kuva 68), eikä alueella ole enää kalojen syöntirajoituksia. Selvästi koholla olevia elohopeapitoisuuksia mitataan kuitenkin edelleen Äetsän ja Harjavallan välisellä alueella (kuva 69).

Metalliteollisuuden ja kemian teollisuuden aiheuttama metallikuormitus on samoin vähentynyt merkittävästi. Kuparin, kadmiumin, kromin ja lyijyn määrä joki-vedessä on pienentynyt yli 90 prosenttia ja nikkeli-kuorma noin 75 prosenttia (kuva 70). Eniten jokeen päättyy nykyisin kuparia ja nikkeliä. Aiemman kuormituksen merkkejä

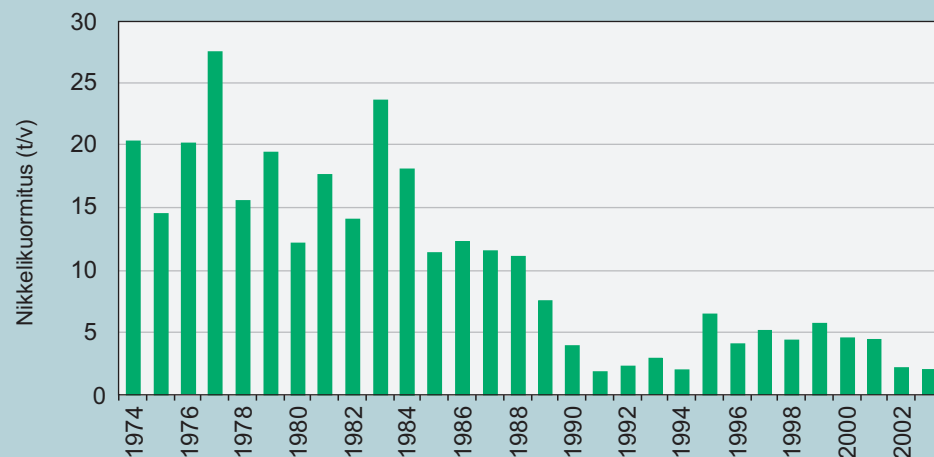
Kuva 68. Haukien elohopeapitoisuuden kehitys 1980–2003 Pihlavanlahden eteläosassa (Kivini). Haittapitoisuusraja 0,5 mg /kalakilo on merkitty punaisella katkoviivalla.



Kuva 69. Haukien keskimääräiset elohopeapitoisuudet vuonna 2003 Kokemäenjoessa ja Pihlavanlahdella. Haittapitoisuusraja ylittyi vuonna 2003 vielä Äetsän ja Harjavalan välisellä joki- osuudella mutta alittui Pihlavanlahdella.



Kuva 70. Kokemäenjokeen kohdistunut nikkeli- kuormitus 1974–2003.



löytyy kuitenkin edelleen pohjalietteistä. Pitoisuudet ovat korkeimmat Harjavallan seudulla. Sedimentin metallipitoisuuksien muutokset ovat hyvin hitaita, tervehtyminen tapahtuu lähinnä uuden sedimentoituvan aineksen avulla. Esimerkiksi pinta-sedimentin nikkelipitoisuudet eivät ole laskeneet, vaikka kuormitus on selvästi pienentynyt. Vuoden 2000 pitoisuudet olivat jopa aiempaa korkeampia.

Pohjaeläimistön tila

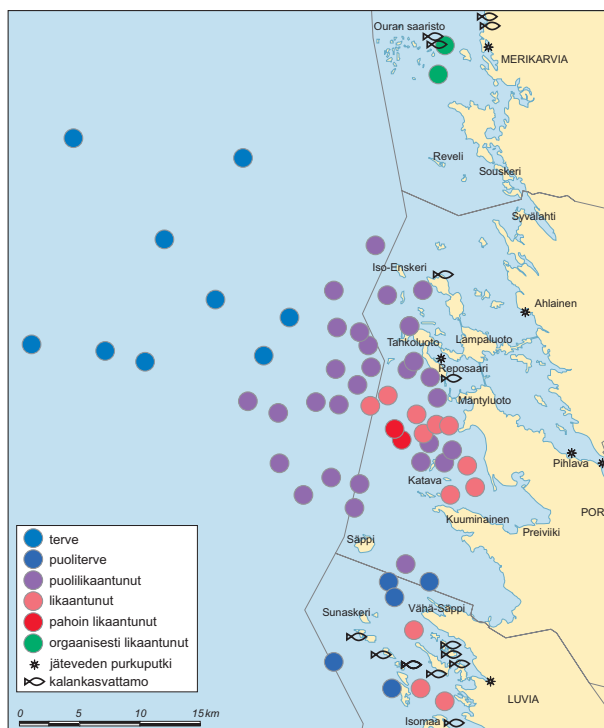
Veden rautapitoisuuden vähetessä ja happamuustason normalisoituessa Porin merialueen pohjaeläimistö on alkanut hiljalleen toipua. Laajat kuolleet pohja-alueet ovat vähitellen supistuneet. Selvä merkki muutoksesta parempaan on simpukoiden kuorien kuluneisuuden väheneminen ja simpukkakantojen elinvoimaisuuden palautuminen. Jätevesien purkualueella pohjan laatu on muuttunut myös väylätöiden yhteydessä

alueelle läjitetyn maamassan vaikutuksesta. Likaantunein pohja on peittynyt puhtaampien lietteiden alle (kuvat 71, 72 ja 73).

Porin edustan merialueen pohjaeläimistöä on seurattu vuosina 1975–2004 alueella, joka ulottuu Luvian edustalta Merikarvian edustalle ja Karhuluodosta lähes 40 km länteen. Näytteet on otettu kolmen vuoden välein noin 60 havainto-aseimalta, joiden syvyydet ovat vaihdelleet välillä 6–77 m. Tarkkailualueen tyypillisiä pohjaeläimiä ovat liejusimpukka, valkokatka ja kilkki sekä tulokaslaji amerikkansukasmato. Liejusimpukka puuttuu vain uloimmilta asemilta, valkokatka ja kilkki taas lähinnä matalimmilta asemilta. Muista lajeista mainittakoon makkaramato, liejukatka ja merisukasjalkainen.

Viime vuosina liejusimpukan levinneisyys on pysynyt ennallaan, mutta tiheydet ovat hieman laskeneet. Liejusimpukoiden kuoren ruosteisuus ja kuluneisuus ovat vähentyneet, ja populaatioiden tila

Kuva 71. Pohjan tila Luvian–Porin–Merikarvian merialueella 1980-luvulla Leppäkosken (1975) esittämää jaottelua soveltaen.



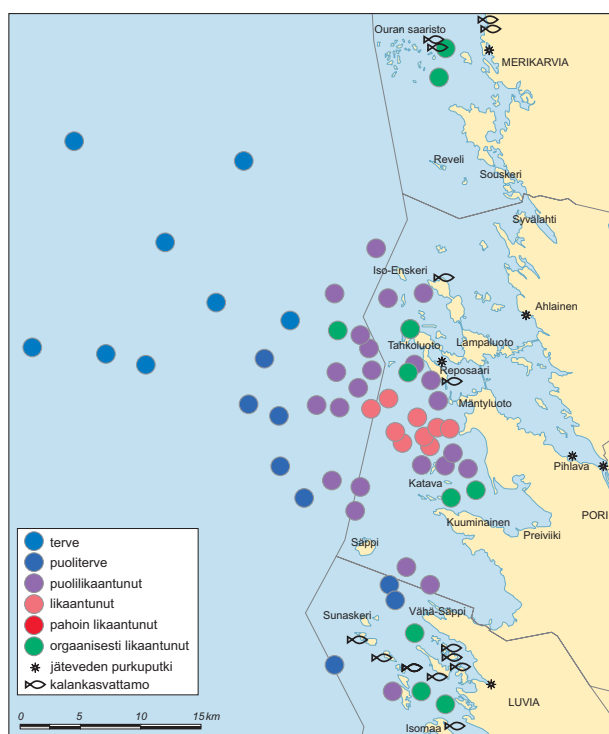
Liejusimpukoita. Kuva: Ilppo Vuorinen.



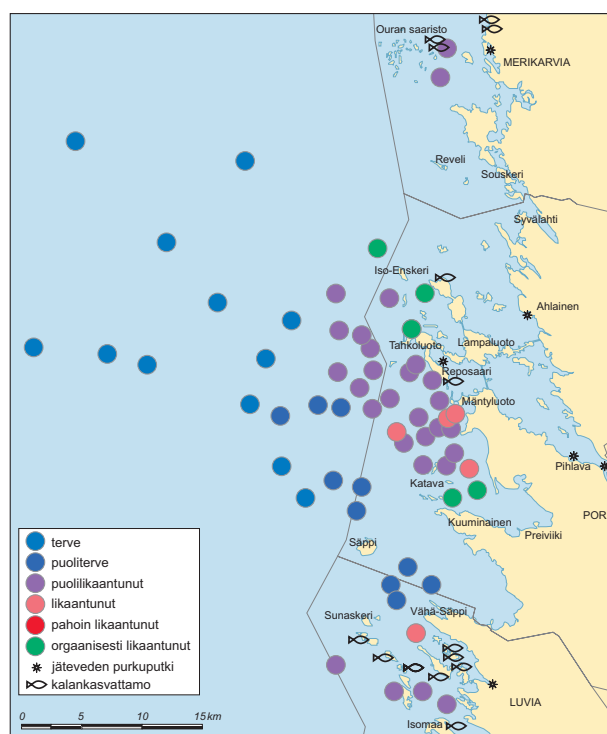


Kilki voi kasvaa Selkämeressä jopa kymmenen senttimetrin mittaiseksi. Kuva: Seppo Keränen.

Kuva 72. Pohjan tila Luvian–Porin–Merikarvian merialueella 1990-luvulla.



Kuva 73. Pohjan tila Luvian–Porin–Merikarvian merialueella vuonna 2003.



Näin tutkitaan pohjaeläimiä

Hanna Turkki ja Teija Kirkkala

Pohjaeläimet elävät pohjan pintakerroksessa ja kuvastavat siinä vallitsevia olosuhteita. Pohjaeläimistö reagoi herkästi ja paikallisesti orgaanisen aineksen sedimentaation muutoksiin ja sen seurausilmiöihin kuten hapen vähenemiseen. Tämän vuoksi pohjaeläinselvitykset kuuluvat tärkeimpiin biologisiin tutkimuksiin vesien ja varsinkin pohjien tilan muutoksia arvioitaessa.

Tavallisesti pohjaeläinnäytteet otetaan pehmeille pohjille tarkoitetulla Ekman-tyyppisellä pohjanoutimella, jonka näytteenottoala on yleensä 200–300 cm². Velvoitetarkkailuohjelmissa Selkämeren havaintoasemilta on kullakin näytteenottokerralla otettu kolme nostoa, jotka on käsitelty erikseen. Näytteet on seulottu sankoseulalla, ja seulaan jäänyt aines on säilötty näytteenottoaikalla. Näytteenotossa ja -käsittelyssä on noudatettu Suomen standardisoimisliiton standardia ja vesi- ja ympäristöhallinnon ohjeita. Pohjan tilan luokittelussa on sovellettu Leppäkosken esittämää jaottelua. Eräiden pohjaeläinyhteisön ja pohjan tilan arvioimisen kannalta tärkeiden lajien kuten valkokatkan suuret ja epäsäännölliset kannanvaihtelut vaikeuttavat luokittelua ja vuosien välistä vertailua.

Kirjallisuutta

Leppäkoski, E. 1975. Assessment of degree of pollution on the basis of macrozoobenthos in marine and brackish water environments. Acta Acad. Aboensis B 35. 90 s.

Mäkelä, A. ym. 1992. Vesitutkimusten näytteenotto-menetelmät. Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisuja B 10. 86 s.

Suomen Standardisoimisliitto 1989. Vesitutkimukset. Pohjaeläinnäytteenotto Ekman-noutimella pehmeiltä pohjilta. Standardi SFS 5076.

Pohjaeläinnäytteet otetaan yleensä Ekman-noutimella (ylin kuva), vesinäytteet Limnos-noutimella. Kuvat: Jouko Sarvala.



on kohentunut. Valkokatkan levinneisyys-alue on supistunut matalimmilta havaintoasemilta alkaen, mutta syvemmällä asemilla valkokatkakannat ovat vahvoja, joten lajin keskimääräiset tiheydet ovat pysyneet ennallaan. Amerikansukasmato levisi tarkkailualueelle nopeasti 1990-luvun puolivälissä, ja nykyisin sitä tavataan lähes koko tarkkailualueella. Laji on levittäytynyt syvemmälle, ja samaan aikaan sen tiheydet matalammilla asemilla ovat pienentyneet.

Merikarvian merialue

Merikarvian rannikon edusta on matalaa, lievästi rehevää murtovesialuetta. Ulkomereen rajoittuvassa saariston länsiosassa veden laatu lähenee karun murtoveden laatua. Happiongelmia ei alueella esiinny vesialueen mataluuden takia. Veden yleislaatu on hyvä. Rannikon läheiset vedet ovat sameampia ja ravinteikkaampia kuin ulommat alueet. Merikarvian kunnan jätevesien vaikutukset eivät ole olleet tarkkailutuloksista yksilöitävissä hyvien laimennusolojen ansiosta. Rannikolle purkautuva Karvian-

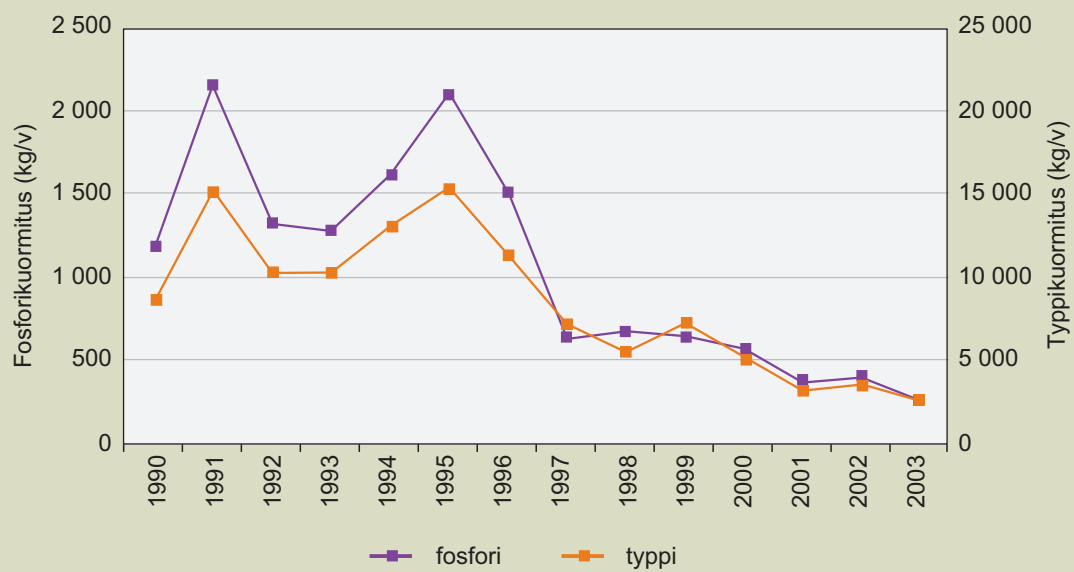
joki aiheuttaa ravinne- ja humuskuormitusta, joka näkyy ajoittain pintaveden laadun muutoksina.

Merikarvian edustalla toimii kaksi kalankasvatustilaa aiempien neljän sijasta. Kalankasvatuksesta aiheutuva ravinnekuormitus on vähentynyt neljäsosaan 1990-luvun puolivälin tasosta (kuva 74). Kuormituksen vaikutuksia on tarkkailtu päällyslätkäkimuksin, joissa on todettu ajoittaista limoittumisen voimistumista laitojen lähivesillä. Kokonaisuutena vaikutukset ovat jääneet vähäisiksi.

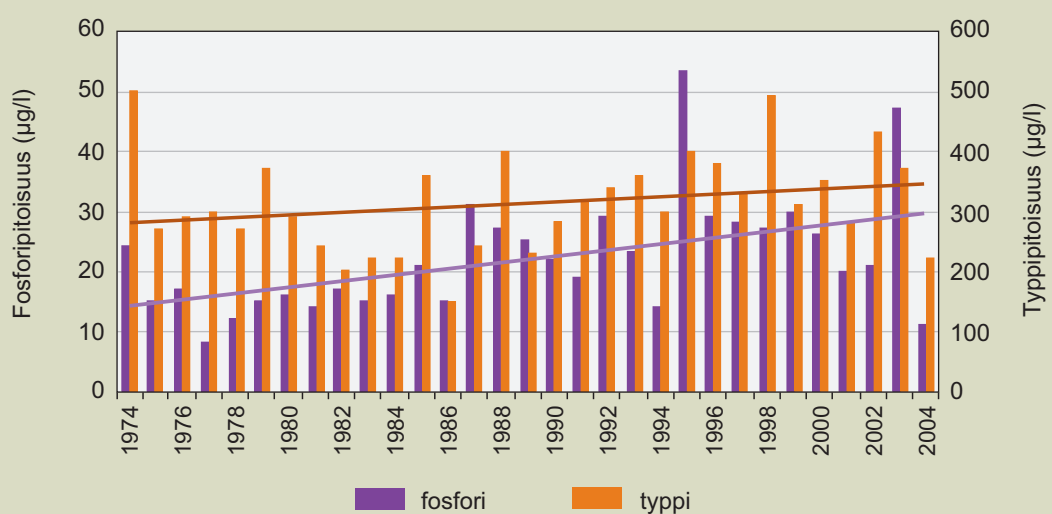
Merikarvian edustan veden laatu vaihtelee varsin laajasti. Vaihtelua aiheuttaa alueelle purkautuva Karvianjoki, joka tuo mukanaan runsasravinteista ja humuspitoista makeaa vettä. Murtoveden ja jokiveden suhteista riippuen rehevyys vaihtelee lievästi rehevästä rehevään. Keskimääräinen fosforipitoisuus on ollut rannikon lähellä $22 \mu\text{g/l}$ ja typpipitoisuus $310 \mu\text{g/l}$. Fosforipitoisuus on kaksinkertainen puhtaan murtoveden pitoisuuteen verrattuna. Talviaikana myös Kokemäenjoen vaikutus saattaa ulottua Merikarvialle saakka jäätalanteesta riippuen.

Ouran vanha luotsitupa. Merikarvia. Kuva: Harri Helminen.





Kuva 74. Merikarvian kalankasvatuksesta aiheutuva fosfori- ja typpikuormitus 1990–2003.



Kuva 75. Veden kokonaisfosfori- ja kokonaistyppipitoisuus loppukesällä Merikarvian edustalla 1974–2004.

Sekä kokonaisfosforin että kokonaistypen pitoisuuskehitys (kuva 75) on ollut Merikarvian edustalla nouseva, vaikka kalankasvatuksesta aiheutuva kuormitus on voimakkaasti vähentynyt. Kehitys on siten päinvastainen kuin Porin merialueella, jossa Kokemäenjoen puhdistuminen on johtanut veden laadun selvään paranemiseen. Samanaikainen sameuden lisääntyminen viittaa sedimentin laadun muutoksiin ja ravinnekiertojen tehostumiseen. Vuoden 2004 tuloksissa ravinnetaso laski kuitenkin normaaliksi, joten pysyväksi muutos ei näyttäisi välttämättä jäävän.

Ulkomeren tuntumassa veden laatu on jonkin verran parempi kuin rannikon läheisyydessä. Fosforipitoisuus on ollut keskimäärin $17 \mu\text{g/l}$ ja typpipitoisuus $290 \mu\text{g/l}$. Rehevyystason nousu on ulompana vähäisempi kuin lähempänä rannikkoa. Suolapitoisuuden kehityssuunta on laskeva kuten koko Selkämeren alueella.

Karvianjoki

Karvianjoen vesi on runsasravinteista humusvettä. Veden ruskeus ja lievä happamuus johtuvat suuresta turvemaiden osuudesta valuma-alueella. Ravinteet tulevat pääosin hajakuormituksesta. Jätevesikuormitus on vähentynyt merkittävästi jätevesien käsittelyn tehostuessa. Turvesoiden aiheuttama ravinnekuormitus jää vähäisemmäksi kuin jätevesikuormituksen.

Karvianjoen keskimääräinen typpipitoisuus on ollut $960 \mu\text{g/l}$ ja fosforipitoisuus $50 \mu\text{g/l}$. Molemmat arvot ovat noin kaksinkertaisia puhtaiden humusvesien arvoihin verrattuna. Ravinnepitoisuuksissa ei ole todettavissa merkittäviä muutoksia pitkällä aikavälillä. Eteläjoki on runsasravinteisempi, koska Isojärvi pidättää osan Merikarvianjoen ravinteista. Karvianjoki kuljettaa mereen keskimäärin 3000 kg typpeä ja 160 kg fosforia vuorokaudessa.

Kirjallisuutta

Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistyksen julkaisut:

Vuosiyyhteenvedot Kokemäenjoen ja Porin edustan merialueen yhteistarkkailusta vuosilta 1980–2003.

Vuosiyyhteenvedot Luvian kalalaitosten velvoitetarkkailusta vuosilta 1980–2003.

Vuosiyyhteenvedot Merikarvian kalankasvatustilastojen ja Merikarvian kunnan jätevedenpuhdistamon velvoitetarkkailusta vuosilta 1980–2003.

8

Veden laadun kehitys Selkämeren rannikkoalueella

Harri Helminen

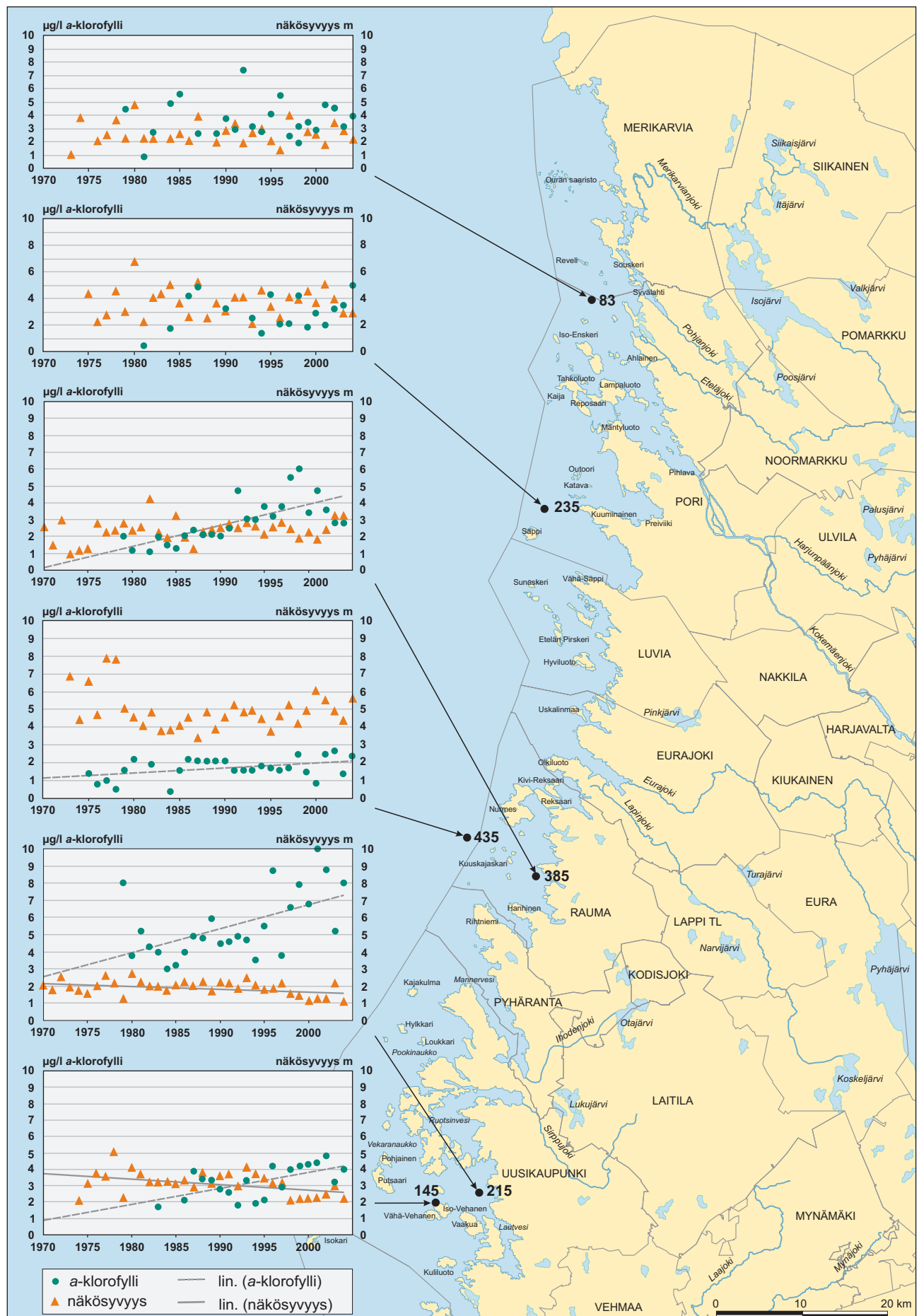
Itämeren pääaltaalta, Suomenlahdelta ja Saaristomeren valuma-alueelta tulevat vedet kulkeutuvat Saaristomeren kautta edelleen Selkämerelle. Näiden vesien rehevöittävä vaikutus ulottuu ainakin Uudenkaupungin ja Rauman edustan merialueille ja näkyy vedenlaadun muutoksina. Uudenkaupungin edustalla näkösyvyydet ovat pienentyneet ja *a*-klorofyllipitoisuudet kasvaneet merkittävästi, vaikka paikallinen ravinnekuormitus on vähentynyt. Myös Rauman edustalla klorofyllitaso on noussut

merkittävästi ulommassa vyöhykkeessä, mutta aivan rannikon tuntumassa näyttää tapahtuneen hienoista laskua viime vuosina. Näkösyvyys ei ole muuttunut ajan myötä, mutta ulompänä vesi on selvästi kirkkaampaa kuin sisempänä. Luvian ja Porin edustan asemilla ei ole muutossuuntia klorofyllipitoisuuksissa eikä näkösyvyyksissä. Näkösyvyydet ovat siellä pienempiä kuin Rauman ulommalla asemalla, mikä lienee pääosin Kokemäenjoen vaikutusta.

Preiviikinlahti, Pori. Kuva: Juha Manninen.

Kuva 76 (viereinen sivu). Veden klorofyllipitoisuus ja näkösyvyys kuudella havaintoasemalla vuosina 1970–2004.





9

Pintavesien käyttökelpoisuusluokitus Selkämeren alueella

Janne Suomela ja Kauko Häkkilä

Pintavesien yleinen käyttökelpoisuusluokitus jakaa vesistöt viiteen luokkaan: erinomainen, hyvä, tyydyttävä, välttävä ja huono. Luokitus perustuu seuranta-asetilalta kerättyihin vedenlaatutietoihin (mm. ravinteiden ja *a*-klorofyllin pitoisuudet, pohjanläheisen veden happitilanne). Myös sinilevien esiintyminen ja haitalliset aineet vaikuttavat luokitus päätökseen.

Tuorein luokitus kuvaa vesistöjen keskimääräistä tilaa vuosina 2000–2003. Sen mukaan Selkämeren avomerialueen vesi on laadultaan erinomaista. Rannikonläheinen merialue kuuluu pääasiassa hyvään luokkaan. Rauman ja Uudenkaupungin edustoilla ja eräillä muilla mantereenläheisillä

vesialueilla kuten Luvian saaristossa vesi on laadultaan tyydyttävää. Porin Pihlavanlahti on luokiteltu laadultaan välttäväksi. Verrattuna edelliseen luokitukseen, joka koski vuosia 1994–1997, Selkämeren veden laadussa ei ole tapahtunut suuria muutoksia. Luvian saaristossa on tyydyttävän alueen osuus kasvanut selvästi ja hyvän pienentynyt. Myös Uudenkaupungin ja Rauman edustoilla on tyydyttävän merialueen osuus jonkin verran laajentunut. Selkämeri on huomattavasti paremmassa kunnossa kuin Saaristomeri, jonka tila on heikentynyt oleellisesti edelliseen luokitukseen verrattuna.

Merisätkin menestyy karuilla sorapohjilla ja kukkii heinä- elokuussa. Kuva: Juha Manninen.



Legend:

- erinomainen
- hyvä
- tydyttävä
- välttävä
- huono
- Selkämeren ulommat rannikkovedet

Map labels include: Lauttijärvi, Siikajärvi, Hirvijärvi, Venesjärvi, Kankaanpää, Ruokojärvi, Verttuunjärvi, Kynäsjärvi, Inhottujärvi, Alajärvi, Iso-Lankko, Karhijärvi, Joutsjärvi, Pyhäjärvi, Sääksjärvi, Kiikoisjärvi, Lievijärvi, Puurijärvi, Somilinjoki, Köyliönjärvi, Pyhäjärvi, Pyhäjoki, Yläneenjoki, Aurajoki, Savojarvi, Mynäjoki, Vaskjärvi, Eläjärvi, Koskeljärvi, Lamminjärvi, Luvajärvi, Otajärvi, Ihodenjärvi, Kaljasjärvi, RAUMA, Turajärvi, Lapinjoki, Narvijärvi, Luvajärvi, Sirkkujoki, UUSIKAUPUNKI, Maarjärvi, Vihtijärvi, Laajoki, Puttaanjoki, Ahmasvesi, Isokari, Kustavi, Gustavs, Hirtijoki, Ruskonjoki, Kankaanpää, Ruokojärvi, Verttuunjärvi, Kynäsjärvi, Inhottujärvi, Alajärvi, Iso-Lankko, Karhijärvi, Joutsjärvi, Pyhäjärvi, Sääksjärvi, Kiikoisjärvi, Lievijärvi, Puurijärvi, Somilinjoki, Köyliönjärvi, Pyhäjärvi, Pyhäjoki, Yläneenjoki, Aurajoki, Savojarvi, Mynäjoki, Vaskjärvi, Eläjärvi, Koskeljärvi, Lamminjärvi, Luvajärvi, Otajärvi, Ihodenjärvi, Kaljasjärvi, RAUMA, Turajärvi, Lapinjoki, Narvijärvi, Luvajärvi, Sirkkujoki, UUSIKAUPUNKI, Maarjärvi, Vihtijärvi, Laajoki, Puttaanjoki, Ahmasvesi, Isokari, Kustavi, Gustavs, Hirtijoki, Ruskonjoki.

Scale: 0 10 20 30 km

Rihmalevät – merenpohjan ongelmavyöhyhti

Johanna Mattila

Rihmalevälajit ja niiden esiintyminen

Rihmaleviin luetaan yleensä alle yhden millimetrin levyiset yksivuotiset levät. Pohjois-Itämeren rihmalevät kuuluvat viher-, rusko- ja punaleviin. Ne kasvavat kovilla kallio- ja kivikkorannoilla vesirajasta 15–20 metrin syvyyteen, valaistusoloista riippuen. Rihmalevien elinkaari on melko lyhyt, usein vain muutaman kauden mittainen. Lajisto, runsaus ja tuotanto vaihtelevat selvästi kasvukauden aikana. Kasvu pysähtyy kuitenkin vasta talvikaudella jää- ja lumipeitteen vuoksi.

Keväällä heti jäiden lähdön jälkeen rantavyöhykkeen leväyhteisöä hallitsevat kylmän veden lajit kuten lettiruskolevä. Vesien lämmentyä tilalle tulevat viherahdinparta ja suolilevät. Rihmaleviä esiintyy myös päällyskasveina monivuotisten levien kuten rakkolevän ja muiden vesikasvien pinnalla. Matalissa suojaisissa lahdissa rihmalevien on havaittu kasvavan myös vedessä vapaasti ajalehtivina ja osittain vesikasveihin kietoutuneina.

Nopeasta kasvusta kilpailuetu

Rihmalevät ovat runsastuneet merialueiden rehevöitymisen myötä. Nopeasti kasvavat yksivuotiset levät käyttävät tehokkaasti hyväkseen vedessä olevia ravinteita ja sen vuoksi usein syrjäyttävät hitaammin kasvavat monivuotiset levälajit. Yksivuotiset levät ottavat nopeasti käyttöön myös kumpuavan veden mukana syvemmmältä nousevat ravinteet. Monivuotiset rusko- ja punalevät pystyvät hyödyntämään syvemmälle tunkeutuvia näkyvän valon aallonpituuksia kuten punaista valoa. Aiemmin näitä leviä esiintyi Itämeressä 20–30 metrin syvyyteen saakka, mutta nykyisin niitä tapaa harvoin yli 20 metrin syvyydessä.

Esimerkiksi Selkämeren eteläosissa pohja on 15 metristä alkaen miltei paljas. Syynä on rehevöitymisen aiheuttama veden samentuminen. Se on heikentänyt vedenalaisia valaistusoloja siten, että näkyvän valon tunkeutuminen veteen pysähtyy lähempänä pintaa kuin ennen. Lisäksi kilpailu rihmalevien kanssa on entisestään vähentänyt monivuotisten levien määrää matalilla rannoilla.

Rihmalevästöjä on yleisesti pidetty lajistoltaan köyhempinä elinympäristöinä kuin monivuotisten levien kasvustoja. Myös eläinten yksilömäärien on arveltu olevan pienempiä rihmalevävyöhykkeessä kuin esimerkiksi rakkolevävyöhykkeessä. Saaristomerellä tehdyissä tutkimuksissa on kuitenkin havaittu, että rihmalevästöissä voi olla sekä eläinlajeja että yksilöitä enemmän kuin rakkolevävyöhykkeessä. Rihmalevästöjen selkärangattomista eläimistä yleisimpiä ovat leväkatkat, leväsiirat, piippolima-, sukkula- ja leväkotilot sekä sini- ja sydänsimpukat. Laji- ja yksilömäärät pienenevät kuitenkin merkittävästi, kun levät irtoavat kasvualustoistaan ja muodostavat levämattoja. Koska rihmalevien elinkaari on lyhyt, ne ehkä tarjoavat turvapaikan vain nuorille eläinyksilöille. Nämä jäävät myöhemmin kesällä vaille suojaa ja ravintoa, mikäli lähistöllä ei ole muuta kasvillisuutta. Tällöin rihmalevien merkitys elinympäristönä on huomattavasti vähäisempi kuin monivuotisten levien.

Levämassa vajoaa pohjaan

Kuoltuaan rihmalevät yleensä irtoavat kasvualustastaan aaltojen ja virtausten voimasta. Ne ajalehtivat vedessä virtausten viemänä, ja niistä muodostuu lauttoja, jotka laskeutuvat mattomaiseksi kerrokseksi pohjasedimentin tuntumaan, ihmisilmälle näkymättömiin. Levämattoja esiin-



Heleäinvihreä ahdinparta on tyypillinen kalliorantojen rihmalevä. Kuva: Seppo Keränen.

tyy 1–2 metrin syvyydestä 35 metrin syvyyteen. Saaristomerellä ja eteläisellä Pohjanlahdella niitä alkaa muodostua yleensä heinäkuussa, ja niiden esiintymistiheys ja paksuus kasvavat syys–lokakuulle saakka. Tämän jälkeen matot yleensä hajoavat pohjaeläinten ja bakteerien toiminnan ansiosta. Syvälle kylmään veteen vajonneet levälautat voivat kuitenkin säilyä talven yli ja nousta seuraavana keväänä jäiden lähdön jälkeen takaisin pintaan epämääräisinä möykkyinä. Nämä saattavat takertua kalastajien verkkoihin, heikentää niiden pyydystävyyttä ja lisätä puhdistustarvetta. Kesällä ja syksyllä levälautat voivat myös jäädä kellumaan rantaveteen tai ajautua tuulten mukana rannoille, jolloin ne vähentävät mökki- ja uimarantojen virkistyskäyttöarvoa.

Rihmalevämattoja on esiintynyt Ruotsin rannikolla jo 1960-luvulla. Itämeren rehevöityessä viime vuosikymmeninä ne ovat runsastuneet selvästi. Leväkerroksen paksuus vaihtelee muutamasta

senttimetristä jopa yli metriin, ajankohdasta ja paikasta riippuen. Matot ovat yleensä ohuempia matalissa vesissä ja paksuntuvat veden syvetessä.

Veden korkeat ravinnepitoisuudet eivät aina ole syynä levämattojen muodostumiseen. On arveltu, että pohjasedimentistä veteen liukenevat ravinteet riittäisivät kiihdyttämään rihmalevien kasvua matalissa ja suojaississa lahdissa. Mallitarkastelu on osoitettu, että mattojen heikentäessä pohjan läheisen veden happi-tilannetta ravinnevuoto sedimentistä kiihtyy ja uutta levämassaa muodostuu jatkuvasti.

Happi loppuu leväpatjan alta

Paksut levämatot aiheuttavat happikatoa, karkottavat kaloja ja yksipuolistavat pohjaeläimistöä. Lisäksi pohjaeläinten kokonaismäärä pienenee ja eläinyhteisön rakenne muuttuu. Vedessä leijuvat toukat, joita on esimerkiksi itämerensimpukalla ja moni-

sukasmadoilla, eivät pääse laskeutumaan levämattojen läpi pohjaan. Hapen loppuminen leväkerrosten alta tuhoaa mm. simpukoita ja muita hitaasti liikkuvia pohjaeläinlajeja. Saaristomerellä on kokeellisesti osoitettu, että happi loppuu kesäkaudella levämattojen alta parissa viikossa.

Matalilla alueilla levämatot voivat liikua virtausten mukana nopeastikin paikasta toiseen. Syvännekuopissa ne sen sijaan saattavat pysyä paikoillaan jopa kuukausia, jolloin ne yleensä myös paksunevat. Happikatoa esiintyykin eniten juuri syvänneläalueilla. Pahimmillaan leväpatjan alle muodostuu rikkivetyä ja metaania, ja pohjat muuttuvat mustiksi ja pahanhajuisiksi. Myös ravinteiden, etenkin fosforin, liukeneminen pohjasedimenteistä veteen kiihtyy jopa monikymmenkertaiseksi normaalioloihin verrattuna. Suomen ympäristökeskuksen laskelmien mukaan yhden neliökilometrin laajuiselta hapettomalta pohjalta liukenee vuorokaudessa fosforia veteen yhtä paljon kuin 50 000 ihmisen puhdistetut jätevedet tuovat vesistöihin samassa ajassa.

Hapettomat pohjat palautuvat melko nopeasti hapellisiksi, jos levämatot hajoavat tai ajautuvat virtausten mukana muualle. Tällöin kalasto voi elpyä nopeastikin, mutta pohjaeläimistön toipuminen ennalleen voi kestää useita kuukausia, jopa vuoden. Pohjaeläimistön puuttuminen tai vähyys heikentää pohjaeläimiä syövien kalojen kuten kampeloiden, lahnojen ja ahventen ravinnonsaantia. Epäsuorasti vaikutukset ulottuvat muihinkin lajeihin, kun

myös petokalojen ravinnontarjonta pienee.

Peittäessään puhtaita hiekkapohjia levämatot tuhoavat mm. siian ja kampelan kutualueita. Ruotsalaisten tutkimusten mukaan leväpeitteisissä lahdissa on pieniä kampeloita jopa 60–80 prosenttia vähemmän kuin levättömissä lahdissa. Jos levämattoja muodostuu samoille hiekkapohjaisille alueille vuosittain, pohjat muuttuvat ajan myötä pehmeiksi liejupohjiksi, kun levien sisältämä orgaaninen aines kerrostuu pohjalle. Myös meriajokasniityt voivat tuhoutua, kun ajelehtivat levät takertuvat kasveihin ja heikentämällä näiden valonsaantia tavallaan tukahduttavat ne. Hiekkarannat alkavat kasvaa umpeen, kun ranta-alueille ajautuneet levämassat maatuvat ja niihin sitoutuneet ravinteet vapautuvat. Uudelle maa-alueelle ilmaantuu nopeasti järviruokoa ja muita rannan pioneerilajeja. Ne kiihdyttävät edelleen umpeenkasvua sitomalla lisämaata ja ravinteita maa-perään. Muutokset saattavat olla melko nopeita. Esimerkiksi Ahvenanmaalla pienten hiekkarantojen umpeenkasvu on ollut huomattavaa 1990-luvulla.

Leväautoilla on joskus myönteisiäkin vaikutuksia vesiekosysteemiin. Eräät pohjaeläinlajit voivat siirtyä ajelehtivien leväautojen mukana uusille alueille. Monet lajit löytävät leväkertymistä sopivaa ravintoa ja suojaa saalistajilta. Etenkin sukkulakotilot, sini- ja sydänsimpukat, leväkatkat ja surviaissääskentoukat ovat yleisiä levämattojen pintakerroksissa, joissa happiolot useimmiten säilyvät kohtalai-

Sinisimpukoita. Kuva: Seppo Keränen.



sina. Pienikokoiset nuoret yksilöt asuttavat levälautat nopeasti kesäkaudella, jolloin selkärangattomien lisääntyminen on kii-vaimmillaan ja nuorten yksilöiden määrät ovat suurimmillaan. Kasvipeitteettömillä lieju- tai hiekkapohjilla ohut leväkerros voi lisätä normaalisti niukan eläimistön moni-muotoisuutta ja yksilömääriä.

Levien poisto ongelmallista

Ravinteiden kertymistä mataliin suojaisiin lahtiin voidaan vähentää keräämällä levä-massaa vedestä toistuvasti. Avoimilla ran-noilla levien poistolla ei kuitenkaan ole pysyvää vaikutusta, sillä sinne ajautuu uusia lauttoja muilta merialueilta tuulten ja virtausten mukana. Ainakin Ruotsissa ja Suomessa on kokeiltu erilaisia keruu-menetelmiä kuten levien nuottausta, me-kaanisia keruukoneita, kauhakuormaajia, jopa öljynkeräysaluksia. Levien poiston haittapuolia ovat pohjaan kiinnittyneen kasvillisuuden tuhoutuminen ja pohja-sedimenttiin sitoutuneiden ravinteiden va-pautuminen, kun keruuvälineet rikkovat pohjan pinnan ja pöyhivät sedimenttimas-soja. Levämassan mukana ekosysteemistä häviää myös runsaasti selkärangattomia eläimiä ja mm. kolmipiikkejä. Uimaran-noilta levämassaa kerätään lähinnä esteetti-sistä syistä kuivalta ranta-alueelta tai aivan vesirajasta.

Levämassaa on yritetty hyödyntää eri tavoin, mutta ainakaan toistaiseksi ei ole onnistuttu kehittämään taloudellisesti kan-

nattavaa hyötykäyttöä. Kompostoiduissa levissä on runsaasti raskasmetalleja, ja suolapitoisuuskin voi olla liian korkea, mikä haittaa kompostimassan käyttöä esi-merkiksi maanparannusaineena. Myös mä-dätystä on kokeiltu. Levämassaa tarvittai-siin kuitenkin huomattavan paljon, jotta mädätyksessä vapautuvan energian tuo-tanto olisi kannattavaa. Lisäksi levää pitäisi kerätä yhtäjaksoisesti useiden päivien, jopa viikkojen ajan, mikä voi olla teknisesti vai-keaa.

Ilmakuvat seurannan apuna

Levämattojen esiintymistä ja laajuutta ma-talilla lahtialueilla voidaan seurata ilma-kuvauksen avulla. Jos vesi on riittävän kirkasta, levämatot erottuvat pohjasta ja muusta kasvillisuudesta 1–2 metrin syvyy-deltä. Ahvenanmaalla tehtyjen tutkimusten mukaan ilmakuvat antavat lähes yhtä luo-tettavan kuvan kuin paikan päällä tehdyt leväkartoitukset. Ruotsissa on kokeiltu myös satelliittikartoitusta pinnalla kellu-vien levien seurantaan ja havainnointiin. Tulokset ovat kuitenkin olleet heikompia kuin ilmakuvaseurannassa, sillä etenkin lahdissa rannan lähellä esiintyvät levät erottuvat kuvista huonosti. Levälinjojen avulla tehdyt mittaukset ja levänäytteiden kerääminen sukeltamalla tai snorklaamalla ovat paras tapa havainnoida syvemmillä olevia leviä. Kenttätutkimukset ovat kui-tenkin melko työläitä ja kalliita.

Kirjallisuutta

- Berglund, J., Mattila, J., Rönnberg, O., Heikkilä, J. & Bonsdorff, E. 2003. Seasonal and interannual variation in occurrence and biomass of rooted macrophytes and drift algae in shallow bays. *Estuarine Coastal Shelf Science* 56: 1167–1175.
- Eilola, K. 2001. Shallow bay model – case studies. *Länsstyrelsen i Västra Götaland, rapport 2001: 50*. 34 s.
- Salovius-Laurén, S. 2004. Drifting and attached macroalgae: distribution, degradation and utility for macroinvertebrates. PhD thesis, Dept of biology, Åbo Akademi University. 36 s.
- Svensson, A. & Pihl, L. 2001. Biologisk undersökning av grunda havsvikar – effekter av fintrådiga alger och skörd. *Länsstyrelsen i Västra Götaland, rapport 2001: 47*. 11 s.
- Vahteri, P., Mäkinen, A., Salovius, S. & Vuorinen, I. 2000. Are drifting algal mats conquering the bottom of the Archipelago Sea, SW Finland? *Ambio* 29: 338–343.
- Waern, M. 1965. A vista on the marine vegetation. *Acta phycogeographica Suecica* 50: 13–28.

Vesikasvillisuus kertoo meren tilasta

Veijo Kinnunen ja Panu Oulasvirta

Rannikon vedenalaisen kasvillisuuden tutkimus on monin tavoin hyödyllistä. Tutkimuksen kohteena voivat olla esimerkiksi rehevöitymisen, vesiliikenteen tai muun ihmistoiminnan vaikutukset vesiympäristöön. Kartoittamalla uusia alueita saadaan myös lisätietoa eri lajien levinneisyydestä ja ympäristövaatimuksista. Seuraavassa kuvaillaan lyhyesti, miten vedenalaista kasvillisuutta voidaan kartoittaa, ja esitellään Pyhämaan ulkosaaristossa Edväisten edustalla sijaitsevan Lupinkarin rannan kasvillisuutta. Lupinkaria on käytetty luonnontilaisena vertailualueena tutkittaessa Uudenkaupungin edustan vesikasvillisuuden muutoksia.

Parhaan kuvan vedenalaisesta kasvillisuudesta saa sukeltamalla. Lupinkarilla olemme käyttäneet linjasukellusmenetelmää, jossa metrimerkein varustettu 100 metriä pitkä linjaköysi lasketaan pohjalle rannasta ulospäin. Sukeltaja sukeltaa linjaköyttä seuraten syvältä matalaan päin ja kirjaa muovilevyille muistiin pohjan laadun, syvyyden ja etäisyyden rannasta. Myös pohjan tai kasvillisuuden pinnalla olevan irtonaisen sedimentin määrä sekä havaitut kasvilajit ja niiden runsaus merkitään muistiin. Kaikkia lajeja ei päteväkään tutkimussukeltaja pysty määrittämään veden alla, joten niistä otetaan näyte pinnalla suoritettavaa lajinmäärittystä varten. Tulosten havainnollistamiseksi linjasta tehdään usein profiilipiirros. Kun tuloksia verrataan aiempien vuosien tuloksiin, saadaan selville kasvillisuuden muutokset. Muutosten syiden selvittely vaatii tietoa eri lajien ympäristövaatimuksista.

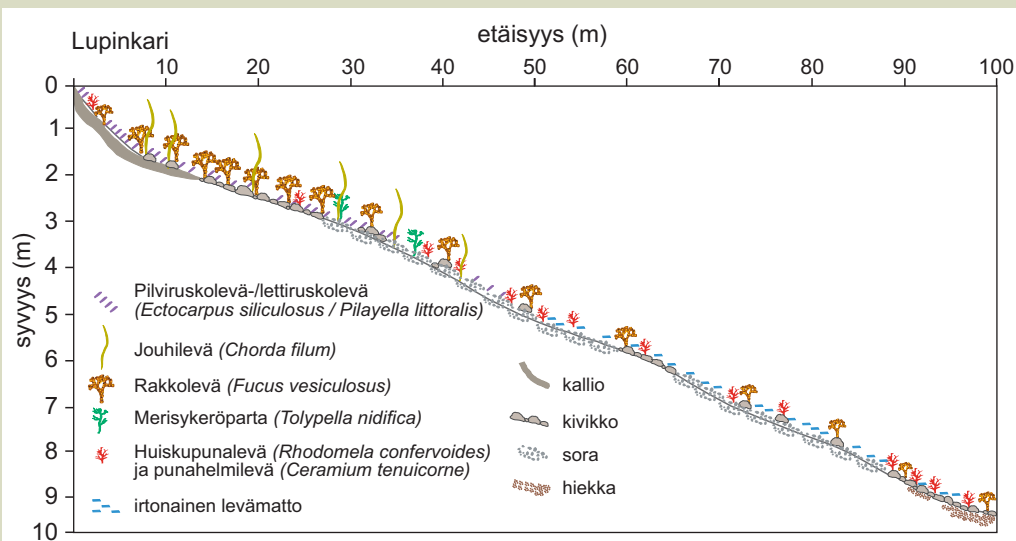
Valo on kasvien esiintymissyvyyttä määräävistä tekijöistä tärkeimpiä, ja syvällä kasvava vesikasvillisuus on merkki puhtaasta vedestä. Toinen merkittävä kasvusyvyyttä määräävä tekijä on pohjan laatu, johon vaikuttaa myös rannan avoimuus aallokolle. Levät kasvavat kovilla kallio- ja kivikkopohjilla. Pohja-aineksen muuttuessa hienojakoisemmaksi soraksi, hiekaksi tai liejuksi levät eivät enää pysty kiinnittymään alustaan. Sora-, hiekka- ja liejupohjilla kasvaa putkilokasveja, joita Suomen rannikkovesissä tavataan harvoin viittä, kuutta metriä syvemmällä.

Kalliorantojen vedenalainen kasvillisuus muuttuu syvyyden mukaan, eli kasvit ovat järjestäytyneet vyöhykkeiksi. Lupinkarilla vyöhykkeisyys on rannikoillemme tyypillinen. Ylimpänä vallitsevat rihmamaiset levät noin metrin syvyyteen asti. Lajisto tässä vesirajan tuntumassa koostuu yleensä vain yksivuotisista lajeista, sillä talvella jäät hiovat pohjan paljaaksi. Lajisto muuttuu kasvukauden edistyessä siten, että keväällä ja kesällä valtalajina on useimmiten viherahdinparta tai lettiruskolevä, kuten Lupinkarilla. Kun päivät syksyllä hämärtyvät, rihmalevävyöhykkeessä ottavat vallan vähäisemmässä valossa toimeen tulevat punalevät kuten punahelmilevä.

Seuraavan vyöhykkeen valtalajina on rakkolevä, joka Lupinkarilla levittäytyy tiheänä yhtenäisenä kasvustona noin kolmen metrin syvyyteen. Vyöhyke saattaisi ulottua syvemmällekin, ellei pohja muuttuisi rakkolevän kiinnittymiseen sopimattomaksi sorapohjaksi. Soran seassa olevilla kivillä lajia tavataankin yksittäin myös syvemmällä. Rakkolevävyöhykettä on syystä kutsuttu Itämeren sademetsäksi, sillä se tarjoaa elinympäristön kalojen, selkärangattomien

ja pienempien levien monilajiselle yhteisölle. Kun Lupinkarin vesikasvillisuutta kartoitettiin elokuussa 2004, rakkolevien lomassa ja suojassa kasvoivat myös jouhilevä, lettiruskolevä, huiskupunalevä, haarukkalevä, laikkupunalevä, leveäpartalevä ja näkinpartaisleviin kuuluva merisykeröparta.

Rakkolevävyöhykkeen alapuolella pohjan valtaavat vähään valoon sopeutuneet punalevät. Kesällä 2004 Lupinkarin punalevävyöhykkeessä kasvoivat samat punalevälajit kuin rakkolevävyöhykkeessäkin sekä lisäksi mustaluulevä ja hentoinen, uhanalaiseksi luokiteltu ruusulevä. Punalevävyöhyke ulottuu Lupinkarilla kymmenen metrin syvyyteen, missä pohja muuttuu myös näiden levien kasvuille sopimattomaksi hiekkapohjaksi. Valon puolesta punaleviä voisi kasvaa Lupinkarilla syvemmälläkin, sillä sopivilla kallio- tai kivikkopohjilla niitä on ulko-saaristossamme vielä lähes 20 metrin syvyydessä. Huomionarvoista Lupinkarilla on, että rakkolevää kasvaa harvalukuisena koko punalevävyöhykkeessä, parhaimmillaan jopa yli yhdeksän metrin syvyydessä. Tämä, samoin kuin Lupinkarin monimuotoinen levälajisto, ilmentää alueen luonnontilaisuutta ja vähäistä ravinnekuormitusta. Esimerkiksi Suomenlahdella ja Saaristomerellä, missä vesi on rehevöitymisen seurauksena samentunut enemmän kuin Selkämerellä, rakkolevää tavataan harvoin viittä, kuutta metriä syvemmältä. Yhtä syvällä kuin Lupinkarilla sitä kasvoi viimeksi 30–40 vuotta sitten.



Lupinkarin vesikasvillisuuden tutkimuslinjan profilipiirros. Linja tutkittiin elokuussa 2004.

Ulapan pohjaeläimistö

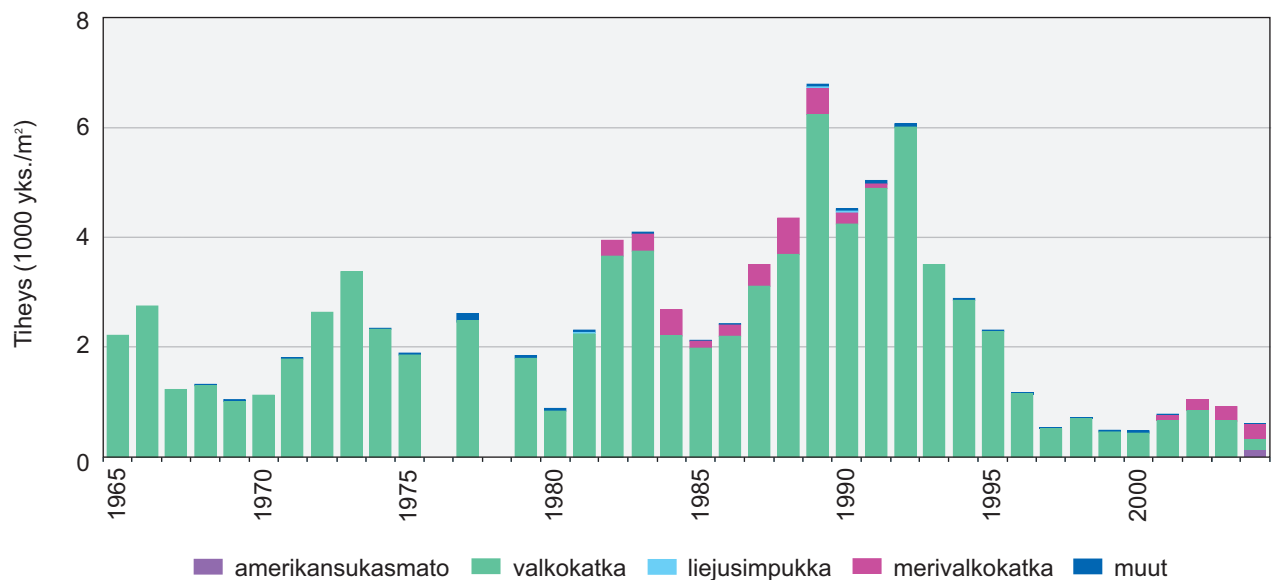
Ari O. Laine

Selkämeri on laaja merialue, jonka keski-osat muodostavat suhteellisen yhtenäisen ja tasavyvyisen altaan. Selkämeri on myös melko syvä, ja suuri osa pohjista voidaan luokitella kerrostumispohjiksi. Toisin kuin muualla Itämeressä, syvillä pohjilla ei esiinny veden kerrosteisuudesta johtuvaa happikatoa, joka rajoittaisi pohjaeläinten esiintymistä. Myös lämpötila syvällä on melko vakaa, mutta suolapitoisuuden vähäiset pitkäaikaiset vaihtelut heijastuvat pohjaeläinyhteisöjen lajikoostumukseen. Selkämeren makroskooppisten pohjaeläinyhteisöjen tuotanto on noin kuusi grammaa hiiltä neliometriä kohti vuodessa, mikä on lähes kaksinkertainen verrattuna esimerkiksi varsinaisen Itämeren alueen pohjaeläintuotantoon.

Selkämeren syvillä liejupohjilla elää selkärangattomista koostuva pohjaeläimistö, jota luonnehtivat niukka lajimäärä ja suuret runsaudenvaihtelut. Valtalajina on jääkauden jälkeiseen reliktieläimistöön kuuluva valkokatka, vajaan sentin mittaiseksi kasvava äyriäinen, joka käyttää ravintonaan pohjalietettä ja sen mikroskooppista eliöstöä. Valkokatkoja on usein jopa yli 90 prosenttia makroskooppisten pohjaeläinten kokonaisyksilömäärästä, ja tavallisesti tämä laji on myös biomassaltaan hallitseva. Paikoin valkokatkoja on runsaat 10000 yksilöä neliometrillä, mutta tiheyden tiedetään vaihtelevan voimakkaasti, eräillä alueilla 6–7 vuoden jaksoissa. Lähes 40-vuotisen seuranta-aineiston perusteella näyttää siltä, että matalimpien ja korkeim-

Valkokatka on hyväkuntoisen merenpohjan tunnuslaji. Kuva: Ari O. Laine.





Kuva 78. Pohjaeläimistön vaihtelua Selkämeren eteläosissa (tutkimuspiste SR5, syvyys 125 m) vuosina 1965–2004.

pien tiheyksien välinen ero on luonnostaan 5–10-kertainen. Tämä voimakas vaihtelu liittyy todennäköisesti ravinnon määrän ja populaation koon väliseen suhteeseen, mutta myös saalistuksella saattaa olla vaikutusta valkokatkojen määrän heilahteluihin. Kun yksilötiheys on suuri, valkokatkojen kasvu ja lisääntymiskyky heikkenevät ilmeisestikin ravinnon määrän muodostuessa rajoittavaksi tekijäksi, jolloin populaation koko pienenee. Viime vuosina tämän vaihtelun säännöllisyys näyttäisi kuitenkin heikentyneen, ja valkokatkojen määrä on pysynyt pitkään alhaisella tasolla. Ilmiö näyttää koskevan laajoja alueita samanaikaisesti, eikä sen tarkkaa syytä vielä tunneta.

Eteläisellä Selkämerellä tavattavan lähisukuisen merivalkokatkan esiintyminen näyttää riippuvan veden suolaisuuden vaihteluista. Merivalkokatkoja on pohjalietteisessä huomattavasti harvemmassa kuin valkokatkoja; runsaimmin niitä on ollut 1980-luvulla, jolloin Selkämeren suolapitoisuus oli suhteellisen korkea. Sitten laji taantui mutta on viime vuosina alkanut jälleen runsastua. Liejusimpukka elää koko Selkämeren alueella mutta yleensä vain alle 50 metrin syvyydessä. Rannikolla sen osuus pohjaeläinyhteisöjen biomassasta voi olla merkittävä. Kookkain syvillä pohjilla elävä äyriäislaji on siiroihin kuuluva kilkki, joka samoin edustaa jääkauden loppuvaiheissa Itämereen asettunutta reliktieliöstöä.

Selkämerellä kilkit kasvavat poikkeuksellisen suuriksi: sieltä löydettyt lähes kymmenen senttimetrin mittaiset yksilöt ovat Itämeren suurimpia. Tämän harvalukuisen saalistajan elinkierto syvillä alueilla tunnetaan huonosti, mutta lajin arvellaan elävän kylmässä ympäristössä huomattavasti pitkäikäisemmäksi kuin rannikon matalissa vesissä. Muita harvalukuisia saalistajia pohjaeläinyhteisössä ovat liejusukasmato ja makkaramato, joiden esiintymistä Selkämerellä rajoittanee alhainen suolapitoisuus.

Uutena lajina Selkämeren pohjaekosysteemiin on asettumassa pohjois-amerikkalaista alkuperää oleva tulokaslaji, amerikansukasmato. Ensimmäinen havainto sen ilmaantumisesta Itämereen tehtiin Saksan rannikolla vuonna 1985, ja Selkämerellä ensimmäiset yksilöt havaittiin vuonna 1992 Olkiluodon merialueen tarkkailun yhteydessä. Amerikansukasmatoja on esiintynyt Itämeressä lähinnä rannikkovesissä, mutta nyt ne ovat alkaneet valloittaa myös avomerialueita. Vuodesta 2003 alkaen laji on runsastunut myös Selkämeren ulapan syvillä pohjilla. Selkämeren harvalajisessa pohjaekosysteemissä tällä tulokkaalla saattaa olla merkittäviä vaikutuksia, sillä se kilpailee ravinnosta ja elintilasta alueen alkuperäisen valtalajin, valkokatkan, kanssa. Kilpailutilanne saattaa edelleen vaikuttaa ekosysteemin ja ravintoverkkojen toimintaan.



Selkämeren pohjaeläimistöä: kilkki, liejusimpukka ja makkaramato. Kuva: Ilpo Vuorinen.

Kirjallisuutta

- Andersin, A.-B., Lassig, J., Parkkonen, L. & Sandler, H. 1978. Long-term fluctuations of the soft bottom macrofauna in the deep areas of the Gulf of Bothnia 1954–1974; with special reference to *Pontoporeia affinis* Lindström (Amphipoda). Finnish Marine Research 244: 137–144.
- Elmgren, R. 1984. Trophic dynamics in the enclosed, brackish Baltic Sea. Rapports et Procès-verbaux des Réunions Conseil International pour l'Exploration de la Mer 183: 152–169.
- Haahtela, I. 1990. What do Baltic studies tell us about the isopod *Saduria entomon* (L.)? Annales Zoologici Fennici 27: 269–278.
- Lehtonen, K.K. & Andersin, A.-B. 1998. Population dynamics, response to sedimentation and role in benthic metabolism of the amphipod *Monoporeia affinis* in an open-sea area of the northern Baltic Sea. Marine Ecology Progress Series 168: 71–85.
- Stigzelius, J., Laine, A., Rissanen, J., Andersin, A.-B. & Ilus, E. 1997. The introduction of *Marenzelleria viridis* (Polychaeta, Spionidae) into the Gulf of Finland and the Gulf of Bothnia (northern Baltic Sea). Annales Zoologici Fennici 34: 205–212.
- Wenngrn, J. & Ólafsson, E. 2002. Interspecific competition for food within and between year classes in the deposit-feeding amphipod *Monoporeia affinis* – the cause of population fluctuations? Marine Ecology Progress Series 240: 205–213.

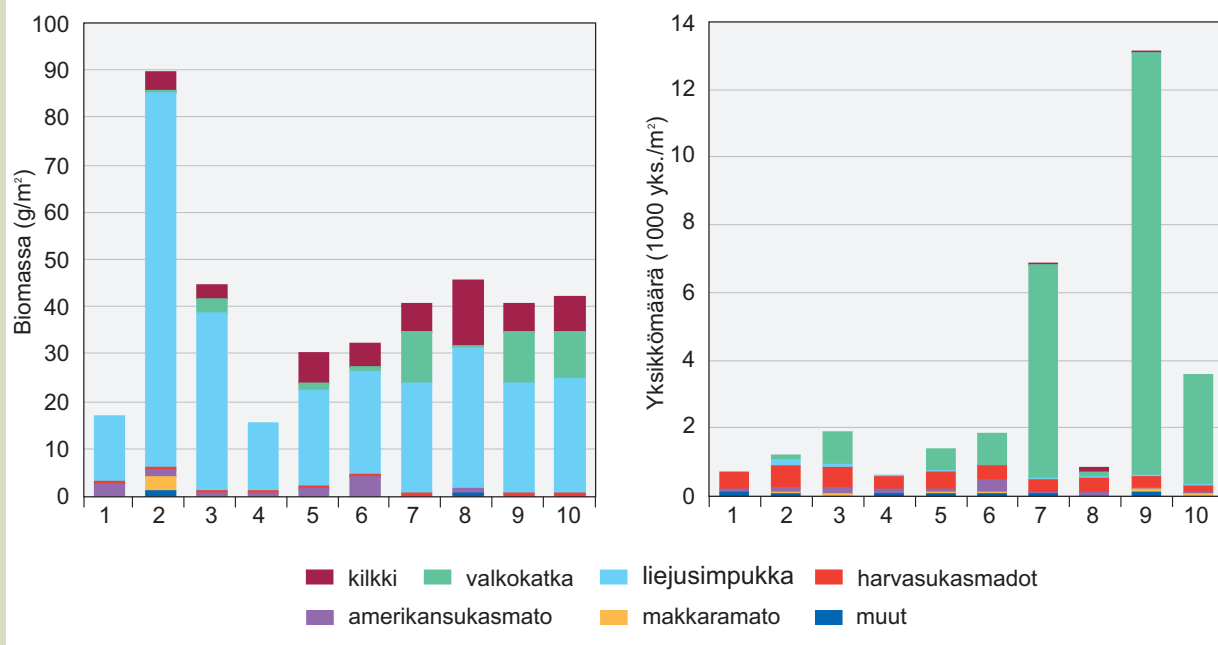
Ulomman rannikkovyöhykkeen pohjaeläimet

Jouko Sarvala, Harri Helminen ja Vesa Saarikari

Syyskuussa 2004 Selkämeren pohjaeläimistöä kartoitettiin ennen tutkimattomalla ulommalla rannikkovyöhykkeellä. Näytteitä otettiin kymmeneltä asemalta Isokarin ja Porin majakan väliseltä merialueelta 25–41 metrin syvyysvyöhykkeestä. Näytteenotossa käytettiin Turun yliopiston ympäristöntutkimuskeskuksen tutkimusalus Aureliaa, ja näytteet analysoitiin Turun yliopiston biologian laitoksella.

Lajeja määritettiin kaikkiaan 18. Biomassan perusteella liejusimpukoita oli paljon kaikkialla. Valkokatkoja oli hyvin runsaasti Luvian ja Porin edustalla (pisteet 7, 9 ja 10). Amerikansukasmatoja oli eniten alueen etelä- ja keskiosissa, mutta pienehköjä määriä tavattiin koko alueella, mikä osoittaa tämän tulokaslajin vakiinnuttaneen asemansa Selkämeren pohjaeläinyhteisöissä. Liejusukasmatoja oli vain Pyhämaan edustalla (pisteet 2 ja 3). Kilkkejä ja makkaramatoja tavattiin lähes kaikilta tutkimuspisteiltä. Näytteistä löytyi myös kiinnostava harvasukasmato, jonka tarkka määrittäminen on varmistamatta ja joka saattaa olla Itämerelle uusi laji.

Pohjaeläinlajiston perusteella Selkämeren ulompien rannikkovesien ekologista tilaa voitaneen luonnehtia vähintään hyväksi etenkin Luvian ja Porin edustalla. Eteläisin näytepiste Isokarin luoteispuolella (piste 1) oli pohjaeläimistöltään selvästi heikoimmassa kunnossa; sieltä puuttuivat mm. valkokatka, kilkki ja makkaramato. Myös Rauman edusta (piste 4) oli muita heikommassa tilassa. Tässä yhteydessä hankittua aineistoa käytetään osana valtakunnallista rannikkoalueiden ekologisen tilan arviointia.



Nykyisen Selkämeren alue sai ensimmäiset kalansa Baltian jääjärvi -vaiheessa runsaat 10000 vuotta sitten. Aluksi siellä polskivat vilpoisissa vesissä menestyvät lajit kuten lohi, taimen, siika, nieriä, kuore ja härkäsimppu. Pian seuraan liittyivät muikku, harjus, kolmipiikki, kirjoeväsimppu sekä nykyisin koko Suomessa elävät ahven, hauki, made ja mutu.

Ajan oloon Selkämeren suolapitoisuus, lämpötila ja kalastokin ovat muuttuneet monesti. Uusia kalalajeja on saapunut niin idästä, lännestä kuin etelästäkin. Monille alueen olosuhteet ovat kuitenkin olleet ankaria: lämpötila on ollut liian matala tai suolan määrä liian alhainen tai korkea. Nykyinen kalasto koostuukin alkuperältään ja ominaisuuksiltaan hyvin erilaisista lajeista.

Suolattomien ja suolaisten vesien kaloja

Suomessa on 68 vakituista kalalajia. Niistä valtaosan voi löytää Selkämerestä: sinne on aikojen saatossa kotiutunut noin 50 kalalajia. Tarkkaa lukumäärää on vaikea sanoa, sillä eräät lajit viihtyvät vain lähes makeavetisissä jokisuiissa ja lahdenpohjukoissa, eikä niiden välttämättä voi sanoa elävän Selkämeressä. Esimerkiksi sulkava, kivennuoliainen, törö ja kirjoeväsimppu eivät siedä juuri lainkaan suolavettä, ja eräiden muidenkin sisävesilajien, mm. suutarin, sorvan ja ruutanan, levinneisyys rajoittuu lähes suolattomiin vesiin.

Selkämeren vakituiseen kalastoon kuuluu yhtä paljon meri- ja sisävesilajeja. Kumpikin ryhmä on edustettuna 22 lajin voimin, kun pelkästään jokisuiissa asustavia kaloja ei oteta lukuun. Seitsemän lajia pystyy elämään yhtä hyvin valtameren täyssuolaisessa vedessä kuin suolattomissa vesissäkin. Tähän ryhmään kuuluvat

nahkiainen, ankerias, lohi, taimen, kuore, kolmipiikki ja härkäsimppu.

Koska Selkämeren pintaosien suolapitoisuus jokisuiita lukuun ottamatta on enimmilläänkin vain 5–6 promillea, useimmat kotimaiset sisävesikalat pystyvät siinä lisääntymään. Ainakin harjus ja muikku tosin sinnittelevät Selkämeressä lisääntymiskykensä rajoilla. Pohjanlahden eteläisimmät harjuspopulaatiot elävät nykyisin Merikarvian–Porin tasolla, jossa suolapitoisuus on noin 5 promillea. Aikaisemmin harjuksia tiedetään tavatun säännöllisesti myös Porin eteläpuolella. Muikun levinneisyys Selkämeressä rajoittuu jokivesien vaikutusalueille Kokemäen-, Karvian- ja Kasalanjoen edustalle. Lisäksi ainakin Luvian saaristossa elää erillinen muikkupopulaatio.

Useimmille suolaisten vesien kaloille Selkämeren alhainen suolapitoisuus on ylikäymätön leviämiseste. Lisäksi merikalojen pääsyä Selkämereen rajoittaa vedenalainen kynnys, matala ja sokkeloinen Saaristomeren. Se hidastaa virtauksia ja haittaa etenkin lajeja, joiden poikaset ovat aluksi pelagisia eli liikkuvat vapaassa vedessä. Ulappavesillä virtaukset saattavat kuljettaa poikasia jopa satoja kilometrejä. Kaikilla Selkämeren vakituksilla merikaloilla lukuun ottamatta vaskikalaa ja kivinilkkää on useita viikkoja kestävä pelaginen poikasvaihe. Pohjan lähellä elävät kalat, esimerkiksi simput ja tokot, ovat muodonmuutoksen jälkeen varsin paikallisia. Vapaassa vedessä aikuisinakin liikkuvat silakka, kilohaili ja turska sen sijaan jatkavat kulkurin elämää.

Saaristomeren muodostaman kynnnyksen vuoksi Selkämeren kalastossa on vähemmän mereisiä kalalajeja kuin suolapitoisuudeltaan samanlaisilla vesillä Suomenlahdessa. Kynnnyksen vaikutus näkyy myös merikalojen runsaudessa. Esimerkiksi kilohaili on Suomenlahdessa huo-

mattavasti runsaslukuisempi kuin Selkämerellä.

Selkämeren turskat ovat syntyneet elinalueensa ulkopuolella, sillä laji vaatii lisääntyäkseen vähintään 11 promillen suolapitoisuuden. Sama koskee kilohailia ja piikkikampelaa, joiden vastaava suolan-tarve on 6–7 promillea. Silakan kutu sen sijaan onnistuu alueella mainiosti, koska sen munien hedelmöitymiseen riittää 3 promillen suolaisuus. Kampelankin siittiöt pystyvät uimaan vielä 5 promillen suolapi-toisuudessa. Taloudellisesti vähäarvoisten merikalojen osalta tutkimustietoa ei juu-rikaan ole. Voidaan kuitenkin olettaa, että Selkämeressä elävät elaskat, imukalat, mustatokit, piikkisimput, seitsenruoto-tokot ja teistit ovat tulleet alueelle pääosin pelagisen poikasvaiheen aikana.

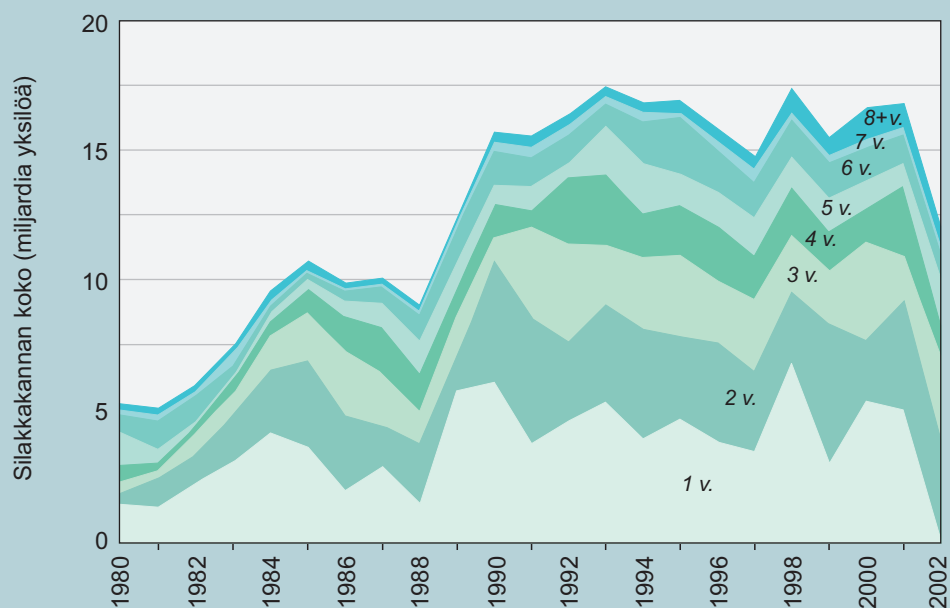
Silakka-apajat Selkämerellä

Kalalajiston koostumus on varsin erilai-nen Selkämeren eri osissa. Lajeja on eniten rannikko- ja saaristovyöhykkeellä, koska siellä elää alkuperältään niin sisävesien kuin mertenkin asukkaita. Avomeren ka-lasto koostuu yksinomaan meri- ja vaellus-kaloista.

Koko alueen merkittävin kalalaji on silakka. Sitä tavataan kaikkialla lukuun ot-tamatta jokisuiden lähes suolatonta vettä. Silakka on runsastunut (kuva 79), ja parin viime vuosikymmenen aikana Selkä-merestä onkin tullut sen tärkein kalastus-alue Suomessa. Kansainvälisen merentut-kimusneuvoston arvioiden mukaan silakan kutukannan biomassa kasvoi 1980-luvun alun 100 000 tonnista 300 000 tonniin vuonna 1994. Tämän jälkeen kutukanta on pienentynyt, vuoden 2003 arvio oli noin 235 000 tonnia. Erityisesti Suomenlahdella ja Itämeren pääaltaalla havaittu silakan keskikoon pieneneminen näkyy myös Selkämerellä, mutta ei läheskään yhtä voi-makkaana. Keskikoko on sittemmin kään-tynyt kasvuun vuodesta 2000 alkaen.

Selkämerestä on aikojen saatossa löy-detty lukuisia satunnaisvieraitakin. Kalas-tajat ovat saaneet kummastella ainakin sellaisia outoja lajeja kuin merinahkia-i-nen, täpläsilli, ohuthuulikeltti, paksuhuuli-keltti, meribassi, makrilli, piikkihai, sampi ja tähtisampi. Joitakin näistä vierailijoista ja aivan uusiakin kaukomatkailijoita löy-detään varmasti jatkossakin.

Kuva 79. Selkämeren silakkakannan koko kansainvälisen merentutkimusneuvoston (ICES) mukaan (<http://www.ices.dk/reports/ACFM/2004/WGBFAS/6-Herring.pdf>)





Lohenpyyntiä Merikarvialla. Kuva: Hannu Lehtonen.

Vaelluskalat pulassa

Vaelluskalat ovat Selkämeressä nykyisin vain läpikulkumatkalla, sillä rannikolle päätyvät kutujoet on pääosin valjastettu. Lohet ja vaellussiiat uivat kutemaan Perämereen laskeviin vielä vapaana säilyneisiin jokiin. Toki Selkämereenkin laskee virtavesiä, joissa jokikutuiset lajit kuten vimpa, nahkiainen ja taimen pystyvät vielä lisääntymään. Alueen ainoa alkuperäinen meritaimenkanta elää Isojoessa. Nahkiainen lisääntyy useassa Selkämereen laskevassa joessa. Vimpakannat ovat säilyneet ainakin Eurajoessa, Kokemäenjoessa, Merikarvianjoessa ja Isojoessa, joka samalla on Suomen pohjoisin vimman kutujoki.

Raja vaelluskalojen ja muiden kalalajien välillä on kuitenkin jossain määrin häilyvä. Myös sellaiset tuiki tavalliset lajit kuin ahven, särki, säyne, hauki ja seipi käyvät joukoittain kudulla virtavesissä ja käyttäytyvät siltä osin vaelluskalojen tavoin. Niiden kulkemat matkat ovat kuitenkin lyhyempiä kuin varsinaisten vaelluskalo-

jen, ja ne lisääntyvät myös muualla kuin virtavesissä. Pienet joet ja purot ovat kutualueina usein tärkeämpiä kuin merenlahdet, mikä johtuu pääasiassa veden nopeammasta lämpiämisestä keväisin.

Vaelluskaloista suurikokoisin ja arvokkain, lohi, on kokenut kovia lähes kaikkialla. Niin kävi Selkämerenkin alueella: sen ainoa oma lohikanta hävisi lopullisesti Kokemäenjoen Harjavallan padon valmistuttua vuonna 1939. Istutettuja lohia nousee nykyisin Kokemäenjoen lisäksi Merikarvianjokeen. Selkämeren jokien valjastamisesta huolimatta lohi- ja taimensaa- liit eivät ole pienentyneet merkittävästi ja ovat jopa kasvaneet monilla alueilla. Tästä lankeaa kiitos runsaalle lohien istutustoi- minnalle Pohjanlahden pohjoisosassa.

Ympäristömuutokset näkyvät muutoksina kalakannoissa

Kalat saivat elää Selkämeressä suhteellisen rauhassa 1800-luvun lopulle asti. Sitten-



Silakkapaatti. Luvia. Kuva: Seppo Keränen.

min niiden elinolot ovat muuttuneet dramaattisesti. Veden laadun heikkeneminen, vesirakentaminen ja kalavesien hoito ovat muokanneet kalakantoja varsin voimakkaasti.

Lounais-Suomi on maamme tehokkaimmin viljeltyjä ja tiheimmin asuttuja alueita. Maatalous kuormittaa vesistöjä jokilaaksoissa, ja jokivedet kuljettavat ravinteita mereen. Yhdyskuntajätevedet sekä kirjolohen ja turkiseläinten kasvatusta lisäävät ravinnekuormaa. Selkämeren alueella rehevöitymisen vaikutukset kalakantoihin ilmenevät lähinnä jokisuistoissa ja paikoin saariston suojaamilla vesillä. Siellä kalasto on muuttunut aikaisempaa särkikalavaltaisemmaksi. Etenkin särki ja pasuri ovat yleistyneet viime vuosikymmenten aikana myös saaristovyöhykkeen ulkosissa. Rehevöitymisestä ovat hyötynneet myös kuha ja kiiski, mutta silakka, made ja siika ovat siitä kärsineet.

Selkämeren rannikolla on puunjalostusteollisuutta Raumalla, Porissa ja Kaskisissa. Kemianteollisuus on sijoittunut

Uuteenkaupunkiin ja Poriin. Myös elintarviketeollisuutta on useissa taajamissa. Vaikka kuormituslähteet vaihtelevat suuresti, jätevedet vaikuttavat kalakantoihin jokseenkin samalla tavoin. Kalojen käyttäytyminen on muuttunut, ja eräitä kutualueita on menetetty. Jätevesien puhdistustekniikan kehittyminen on kuitenkin parin viime vuosikymmenen aikana pienentänyt haittoja oleellisesti.

Suojaisan sisäsaariston vedet ovat monen kalalajin lisääntymisalueita. Kuorituksen lisäksi näitä ympäristöjä ovat muuttaneet patorakennelmat, joista suurin on Uudenkaupungin makeavesiallas. Muusta merialueesta erotetut altaat ovat estäneet kaloja vaeltamasta kutualueilleen, joten kalakannat ovat paikoin pienentyneet tai kadonneet. Näin on käynyt mm. ahven-, kuha-, lahna-, säyne-, siika- ja madekannoille. Allasvesi myös makeutuu, ja koska patoaltaihin tulee valumavesiä happamilta sulfidimailta, allasveden pH voi laskea keväällä jopa arvoihin 3–5. Tämä on johtanut keväisiin kalakuolemiin.

Vesiensuojelun tehostuessa kehityksen suunta on kuitenkin muuttunut ja vedet ovat alkaneet puhdistua. Jokien ja niissä olevien kutualueiden kunnostus antaa myös toivoa siitä, että kadonneita vaelluskalakantoja voitaisiin korvata uusilla ja näiden luontainen lisääntyminen alkaisi ylläpitää kalapopulaatioita.

Kalakannat vaihtelevat luonnostaankin

Jokaisella kalalajilla on luontaista kannan koon vaihtelua. Syyt ovat useimmiten ilmastollisia, mutta syynä voivat yhtä hyvin olla lajien väliset suhteet tai Itämeren hyd-

rografiassa tapahtuvat vaihtelut. Viimeksi mainituista tärkeimpiä ovat suola- ja happipitoisuuden muutokset Itämeren päänalalla.

Tiedot Selkämeren kalakantojen luontaisista vaihteluista perustuvat tutkimuksiin, kalastajien hajahavaintoihin ja pyynnin kohteena olevien lajien saalistilastoihin. Vertailukelpoisia kalastustilastoja on olemassa vuodesta 1980 alkaen: Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos (RKTL) on tilastoinut vuosittain ammattikalastajien kalastusta ja saalista.

Useimpien kalalajien osalta selvää kehityssuuntaa ei ole havaittavissa. Poikkeuksia ovat silakkasaaliiden kasvu yli kolminkertaiseksi ja turskasaaliiden pie-

Kalastus Selkämerellä muuttuu – hylkeet uutena ongelmana

Seppo Salonen

Selkämeri kuuluu ammattikalastuksen kannalta Suomen tärkeimpiin merialueisiin. Vuonna 2002 Selkämeren ja Merenkurkun ammattikalastuksen saalis oli 53 miljoonaa kiloa eli yli puolet koko Suomen merialueiden ammattikalastussaaliista. Silakan osuus Selkämereltä saatavasta saaliista on lähes 90 prosenttia. Kaksi kolmasosa Suomessa pyydetävästä silakasta tulee Selkämereltä. Silakkaa pyydetään lähinnä avomerialueella trooleilla. Rannikkokalastus sen sijaan perustuu rysä- ja verkkopyyntiin, ja pääsaalisajit ovat lohi, siika ja kuha.

Viime vuosikymmeninä ammattikalastus, erityisesti rannikkokalastus Selkämerellä niin kuin Suomessa yleisesti, on ollut murroksessa. Suomessa kalastusta säädellään nykyisin Euroopan Unionin yhteisen kalastuspolitiikan mukaisesti, mistä johtuen esim. kansalliset silakan pyyntikiintiöt Itämerellä ovat pienentyneet. Lisäksi EU:n alueella on päätetty ajoverkkokalastuksen lopettamisesta vuoden 2007 lopussa, mikä merkitsee perinteisen lohien ja siian ajoverkkopyynnin päättymistä Selkämerellä. Ammattikalastajat ovat reagoineet tähän kehittämällä entistä enemmän rannikkokalastusta.

Harmaahylkeestä on tullut Selkämeren rannikkokalastukselle ongelma. Itämeren harmaahyljekanta, joka oli vuoden 2004 laskentojen mukaan 17 640 yksilöä, on kuusinkertaistunut viimeisten kolmenkymmenen vuoden aikana. Kannan kasvuun ovat vaikuttaneet hylkeiden lisääntymisen tehostuminen ympäristömyrkköjen vähentymisen myötä ja 1980-luvulla aloitetut harmaahylkeiden suojelutoimet rauhoituksineen. Rohkeimmat hyljeekilät uskaltavat pyyntiretkillään jo rannikon sisälahtiin asti ja syövät ammattikalastajien pyydyksistä kaloja rikkoen samalla pyydyksiä. Joillakin alueilla kalastus saattaakin ajoittain estyä täysin. Riistanhoitopiirit voivat tietyn kiintiön mukaisesti myöntää ammattikalastajille pyyntilupia vahinkoa aiheuttavien harmaahylkeiden metsästämisestä, mutta harmaahylje on edelleenkin rauhoitettu I.1. – 15.4., mikä estää jäältä tapahtuvan metsästyksen. Osa kalastajista onkin vaatinut rauhoituksen purkamista kokonaan ja hylkeenmetsästyksen vapauttamista. Hyljevahinkoja voidaan rysäkalastuksessa vähentää hylkeenkestävillä rysillä, joiden hankkimiseen ammattikalastajilla on mahdollisuus saada investointitukea valtiolta. Verkkokalastusta varten ei kuitenkaan toistaiseksi ole olemassa hyljevarmaa ratkaisua. Eräänä vaihtoehtona on esitetty, että Suomeen luotaisiin pysyvä hyljevahinkojen korvausjärjestelmä suurpetovahinkojen tapaan. Ongelmana kuitenkin on, että tällä hetkellä EU:n komissio ei hyväksy hyljevahinkojen korvaamista.

neneminen murto-osaan 1980-luvun ajoilta. Myös kuhakannat ovat voimistuneet varsinakin Selkämeren eteläosassa Porin tasolta etelään. Muutokset johtuvat pääosin siitä, että lukuisat kesät ovat viime aikoina olleet keskimääräistä lämpimämpiä. Samasta syystä ahvenkannat ovat olleet 1990-luvulta alkaen vahvempia kuin parin edellisen vuosikymmenen aikana.

Jotkin Selkämeren merikalat elävät ulkosaariston alueella ja sen ulkopuolella. Sen vuoksi kalastajat tai tutkijat eivät niitä juurikaan näe, ja havaintojen puuttuessa arveltiin vielä 1900-luvun alkupuolella, että esimerkiksi piikkisimppu ja elaska eivät kuulu Selkämeren kalastoon. Sittenkin niitä on löydetty Merenkurkusta asti. Avomeren tuntumassa elävien merikalajien runsaudenvaihtelut näyttäisivät ainakin osittain liittyvän turskakannassa tapahtuviin muutoksiin. Kun turskia on paljon, ainakin kivinilkkä, rasvakala, imukala ja härkäsimppu taantuvat ja turskakannan heikettessä taas runsastuvat. Turskat ovat kuitenkin olleet poissa Selkämerestä jo toistakymmentä vuotta, eikä esimerkiksi rasvakalakanta ole palautunut ennalleen.

Selkämeren kalaston tulevaisuuden näkymiä

Selkämeren kalaston tulevaisuus riippuu paljolti siitä, kuinka kuormitusongelmat ratkaistaan, mihin suuntaan kalastus kehittyy ja miten ihminen muuten vaikuttaa

alueen tilaan. Myös ilmastonmuutos, uusien lajien ilmaantuminen ja jo nyt havaitut lohen, hauen, mateen ja ahvenen lisääntymishäiriöt voivat kääntää kehityksen suuntaa. Turskan ja kenties eräiden muidenkin lajien lisääntymistä on heikentänyt kutualueilla vallitseva hapen puute. Jokien valjastaminen puolestaan on katkaissut lohen ja muiden vaelluskalojen luontaisen elinkierron.

Itämeri on varsin nuori ekosysteemi, ja kalojen sopeutuminen murtoveteen on vielä monella lajilla kesken. Sopeutumista on kuitenkin tapahtunut: Itämeren sisävesikalat kykenevät lisääntymään korkeammassa suolapitoisuudessa kuin järvissä elävät lajikumppaninsa, ja silakan mätä hedelmöityy nykyisin ainoastaan murtovedessä.

Tulokaslajeista voi koitua ongelmia. Kotiutuessaan uusille alueille ne saattavat jopa syrjäyttää paikallisia lajeja. Yksi Itämeren kalatulokkaista on mustakitatokko. Se löydettiin ensimmäisen kerran Puolan rannikkovesiltä vuonna 1990 ja on siellä nyt monin paikoin runsaslukuisin rantavyöhykkeen kalalaji. Se näyttää levittäytyvän pohjoiseen, yksi havainto on jo ilmoitettu Viron vesiltä ja toinen Saaristomereltä. Selkämereen saakka ehtineet selkärangattomat tulokaslajit amerikansukasmato, kaspianmassiainen ja *Cercopagis pengoi*-petovesikirppu vaikuttavat varmasti kalojen ravinnon koostumukseen. Muita ravintoketjuissa tapahtuvia muutoksia on vaikea ennustaa.

Kirjallisuutta

- Hildén, M., Kuikka, S., Roto, M. & Lehtonen, H. 1988. Differences in fish community structure along the Finnish coast in the Baltic Sea. ICES 1988 BAL/No. 15. 16 s.
- Hildén, M., Hudd, R. & Lehtonen, H. 1982. Ympäristömuutosten vaikutukset kalastukseen ja kalakantoihin Saaristomeressä ja Pohjanlahden Suomen puoleisessa osassa. RKTL, kalantutkimusosasto. Tiedonantoja 20: 36–59.
- Koli, L. 1990. Suomen kalat. Porvoo. 357 s.
- Lehtonen, H. 2003. Iso kalakirja. Porvoo. 280 s.
- Ojaveer, E. & Lehtonen, H. 2001. Fish stocks in the Baltic Sea: finite or infinite resource? Ambio 30: 217–221.
- Parmanne, R. 1998. Herring fishery in the Bothnian Sea (southern Gulf of Bothnia) and the North Sea: similarities and differences. Boreal Environment Research 3: 321–328.
- Pitkänen H. (toim.) 2004. Rannikko- ja avomerialueiden tila vuosituhannen vaihteessa. Suomen Itämeren suojeluohjelman taustaselvitykset. Suomen ympäristö 669. Suomen ympäristökeskus, Helsinki. 104 s.
- Pruuki, V. 1993. Salmon stocks and salmon catches in the Gulf of Bothnia. Aqua Fennica 23: 227–233.

Rannikkoluonnon monet kasvot

Juha Manninen

Selkämeri on nimensä mukaisesti niukka-saarinen. Saaristomeri vaihtuu Selkämereksi Uudenkaupungin edustalla, missä saaristoa on leveältä mannerrannikon edessä. Laajat avomeren selät alkavat oikeastaan vasta Pyhärannan seuduilta, minkä jälkeen saaret vähenevät ja myös tammi-vyöhyke loppuu.

Rannikkoalue Uudestakaupungista Merikarvialle on varsin moni-ilmeinen. Saaristovyöhyke kapenee ja saaret harven-tuvat pohjoiseen mentäessä. Leveimmil-lään Selkämeri on Porin–Sundsvallin koh-dalla, missä rannikoiden välinen etäisyys on runsaat 220 kilometriä.

Selkämereen laskevat joet ovat pie-nehköjä, ja niiden vaikutus rannikkoluon-toon on varsin vähäinen lukuun ottamatta Kokemäenjoen suuta. Yleensä jokien ravin-teiset vedet laimenevat meressä viimeis-

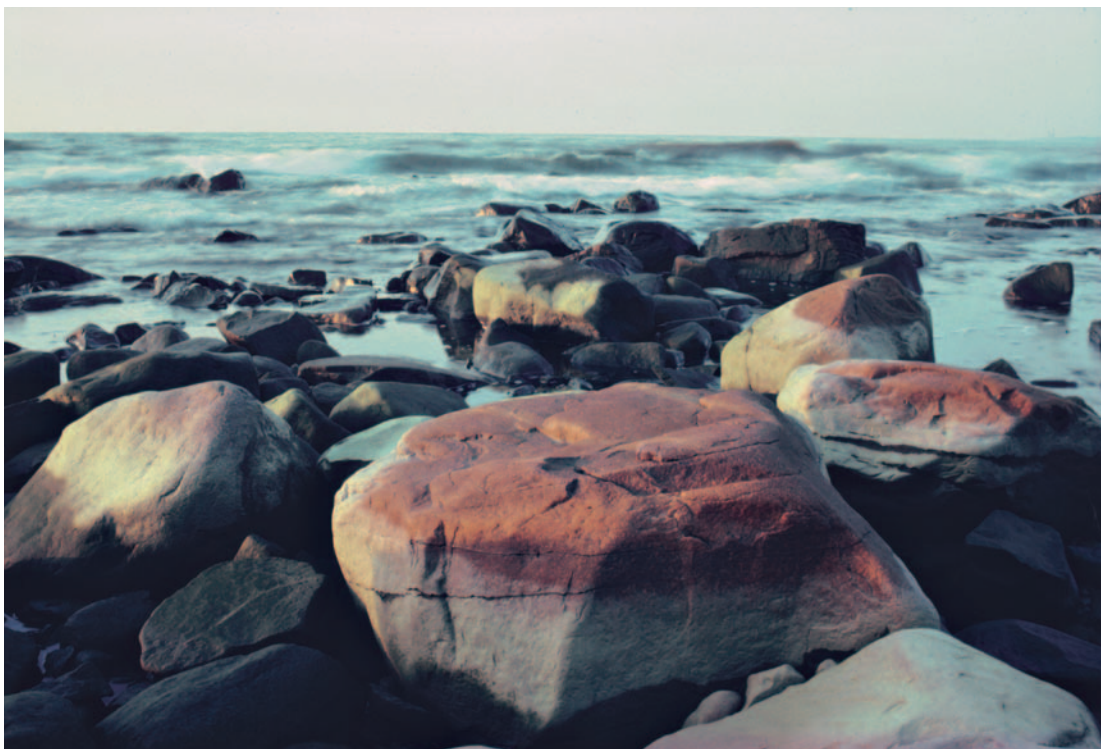
tään muutaman kilometrin päässä ranni-kolta. Runsasvirtaamainen Kokemäenjoki kerää vesiä laajalta valuma-alueelta, ja sen suistoalue Porissa on maamme laajin, no-peimmin kasvava ja luonnoltaan monipuolisin. Kokemäenjoen veden vaikutus näkyy tietyissä virtausoloissa Merikarvian Ouran saaristossa asti.

Jääkauden jäljet näkyvissä

Selkämeren rannikon korkokuva on Suomen puolella hyvin loiva. Maiseman perusrungon muodostaa mannerjäätikön muovaama kallioperä, jonka päälle irtomaalajit ovat kasautuneet jääkauden aikana ja sen jälkeen.

Rannikon ja saariston kallioperän pää-kivilajit ovat kiillelegneissit ja -liuskeet. Porin

Hiekkakivilohkareita. Herrainpäivät, Pori. Kuva: Juha Manninen.





Yyterin lietteet, Pori. Kuva: Juha Manninen.

Reposaaressa ja Eurajoella peruskalliota lävistävät siellä täällä rapakivigraniitit, ja niiden lähistöltä löytyy usein diabaasi-juonia. Näiden kohdalla maaperässä on enemmän ravinteita ja kasvillisuus on rehevämpää kuin ympäristössä. Selkämeren rannikon erikoisuus on Satakunnan hiekkakivi, joka Luvian pohjoisosissa ja Porissa ulottuu syvällä maanpinnan alla merelle asti. Hiekkakiveä voi nähdä Selkämeren rannikon maisemassa yleensä vain irtolohkareina, mutta siitä ovat peräisin esimerkiksi Yyterin dyynien rakennusaineet.

Jääkauden aikainen mannerjään etenemissuunta näkyy Selkämeren rannikolla monin paikoin luoteeseen ja länsiluoteeseen työntyvinä nieminä. Saariston ja rannikon tavallisin irtomaalaji on moreeni. Harjumuodostumia on verraten vähän. Laajin ja merkittävin rannikkoalueen harju-ympäristö on Porin edustan Yyteri, joka jatkuu veden alla kymmeniä kilometrejä mantereeseen edustalle. Suppeampia merkittäviä harjuympäristöjä ovat Ahlaisten ja

Pyhärannan rannikoilla mereen työntyvät harjut.

Maankohoaminen vaikuttaa voimakkaasti Selkämeren maisemiin ja luontoon. Maa nousee sadassa vuodessa kuutisenkymmentä senttiä, joten uutta rantaa paljastuu suhteellisen nopeasti. Maisema muuttuu koko ajan, kun vesijättömaalle alkaa ilmaantua kasvillisuutta. Merestä paljastuvat ulkoluodot saavat hiljalleen kasvipeitteen, ja ulkosaariston sisäreunalla niistä tulee ajan myötä metsäistä sisäsaaristoa. Tasaisilla rannikon osilla maankohoamisrannoille alkaa kehittyä luonnoltaan monipuolisia niittyjä.

Matalasuiset lahdet kuroutuvat irti merestä ja muuttuvat ensin fladoiksi, joista on yhteys mereen. Meriyhteyden katkettua niistä tulee kluuvijärviä. Ne ovat yhteydessä mereen vain satunnaisesti, korkean veden aikaan, ja niiden vesi makeutuu vähitellen. Vesilinnut ja kahlaajat käyttävät fladoja ja kluuvijärviä pesimä- ja ruokailualueina.

Voittoja ja tappioita lintumailla ja -vesillä

Selkämeren rannikolla on useita linnustoltaan arvokkaita aluekokonaisuuksia. Vuonna 2002 ilmestyneessä Suomen tärkeät lintualueet -raportissa on nimetty kahdeksan linnuston suojelun kannalta merkittävää kohdetta Uudenkaupungin ja Närpiön väliseltä rannikolta tai sen tuntumasta (taulukko 6).

Selkämeren rannikon lintulajisto on viime vuosikymmeninä muuttunut ja muuttuu edelleen. Merialueen linnuston suojelun näkyvimpiä voittona voidaan pitää merikotkan paluuta Satakunnan ja Selkämeren rannikon pesimälajistoon. Lintuharrastajien työpanos, runsaat kaksi vuosikymmentä jatkunut merikotkien talvirehitystä, tuotti tulosta 1990-luvun alussa, jolloin lajin pesinnästä Satakunnassa saatiin ensimmäinen havainto yli sadan vuoden tauon jälkeen. Vuonna 2004 Selkämeren rannikolla ja sen tuntumassa oli jo parikymmentä pesivää merikotkaparia.

Alueen uhanalaisimpia lintulajeja ovat Porin lintuvesillä harvalukuisena pesivä etelänsuosirri ja Yyterinniellä ajoittain esiintyvä valkoselkätikka. Molemmat on luokiteltu Suomessa äärimmäisen uhanalaisiksi. Vaarantuneita uhanalaisia merilintuja ovat lapasotka, merikotka, selkälokki, naurulokki ja räyskä. Silmällä pidettäviksi uhanalaisiksi lajeiksi luokitellaan kaulushaikara, riskilä, ruskosuohaukka, tuulihaukka, pikkulepinkäinen, sääksi, viiksitimali, suokukko, pohjantikka ja ristisorsa.

Vesilintukannat saattavat vaihdella lyhyessäkin ajassa varsin voimakkaasti, ja tähän voi olla monia syitä. Jotkin lajit näyttävät hyötävän ihmistoiminnasta, toiset taantuvat esimerkiksi häirinnän vuoksi. Selkämeren merilinnuista esimerkiksi riskilä ei enää pesi Porin seudulla, mikä ilmeisesti johtuu minkkien runsastumisesta alueella. Uudenkaupungin edustalla Isokarin kivilaiturissa pesivä riskiläyhdyskunta sen sijaan tulee toimeen hyvin, vaikka vesiliikenne alueella on melko vilkasta.

Kyhmyjoutsen on runsastunut Selkämerellä tasaiseen tahtiin. Merihanhi metsästettiin alueelta sukupuuton partaalle

1960-luvulla, mutta kanta on viime vuosina kasvanut nopeasti. Valkoposkihanhikanta alkaa vakiintua ja vahvistua Selkämeren rannikolla samoin kuin muualla Suomessa. Kanadanhanhien määrä sen sijaan näyttää vähenevän lisääntyneen metsästyksen vuoksi. Harmaahaikaroita näkee kalastelemassa rannikolla lähes kaikkien jokien ja oijen suissa, ja laji myös pesii monin paikoin rannikolla tai sen tuntumassa. Kurkia on siirtynyt sisämaan soilta ja järviltä pesimään rantaluhtien ja ruovikoihin. Pesimälinnustomme näkyvimpiä uutuuksia lienee merimetso, joka on muutaman viime vuoden aikana asettunut Selkämerenkin saaristoluodoille. Luvian ja Merikarvian merimetsoyhdyskunnat kasvavat kaiken aikaa. Luvian Marjakarissa oli vuonna 2004 jo noin 150 ja Merikarvian Lankoslahdella yli 180 pesivää merimetsoparia.

Vakinaisen asutuksen väheneminen Selkämeren saaristossa on antanut lisätilaa saaristolinnuille. Lokkien vainoamista suosiva asenne on väistynyt, lokkikannat ovat kasvaneet. Osa merilinnuista hyötyy lokkiyhdyskuntien antamasta suojasta pesimäluodoilla, joskin suuret lokit myös saalistavat merilintujen poikasia ravinnokseen. Lisäksi vesilintujen metsästys on vähentynyt, ja se on yksi syy esimerkiksi haahkakantojen vahvistumiseen.

Jalopuulehdoista hyljeluodoille

Laajat alueet Selkämeren saaristossa ja rannikolla ovat säilyneet lähes luonnontilaisina. Kasvisto on omaleimaista, ja lajistossa on paljon valtakunnallisesti uhanalaisiksi luokiteltuja kasveja. Mantereiden lehtoalueet yltävät Eurajoen ja Rauman seudulla rannikolle ja saaristoon asti. Kustavin ja Uudenkaupungin korkeudella on reheviä jalopuumetsiköitä ja pähkinäpensaslehtoja.

EU-komissio hyväksyi 13.1.2005 Suomen Natura 2000 -verkostoon Uudenkaupungin ja Merikarvian väliseltä Selkämeren rannikolta seuraavat 11 aluetta: Lautvesi, Uudenkaupungin saaristo, Rauman saaristo, Luvian saaristo, Kuuminaistenniemi, Preiviikinlahti, Kokemäenjoen suisto, Gummandooran saaristo, Pooskerin saaristo, Karvian Ourat ja Kasalanjokisuu.



Merimetsoja. Kuva: Seppo Keränen.

Taulukko 6. Linnuston suojelun kannalta merkittävät kohteet Selkämeren eteläosan rannikolla.

Nimi	Kunta	Pinta-ala ha
Ahmasvesi	Uusikaupunki	216
Lautvesi	Uusikaupunki	863
Uudenkaupungin rannikko	Uusikaupunki, Pyhäranta	23 876
Porin lintuvedet	Pori	9 483
Rauman-Luvian-Porin saaristo		27 371
Eurajoen suisto	Eurajoki	1 605
Luvianlahti	Luvia	292
Kuivalahti	Eurajoki	1 026

Merellisen ympäristön kesä on värikäs. Kalliorantoja värittävät keltamaksaruoho ja ruoholaukka, hiekka- ja kivikorantojen erikoisuuksiin kuuluvat isokokoinen keltakukkainen morsinko ja tiheäkasvustoinen violetinkirjava keto-orvokki. Rantaniityille keltaista väriä tuovat rentukka ja ketohanhikki, paikoin violetinpunaiset merinätkelmäkasvustot näyttävät peittävän rantaniityn kokonaan. Dyynirantojen näkyvimpiä kasveja ovat rantavehna ja mattomaisena leviävä suola-arho.

Satamissa näkee purjelaiva-aikakauden perintönä eteläisiä kasvitulokkaita. Porin Reposaari tunnetaan Suomessa laajalti painolastikasvilajeistaan. Rannikon tulokas-

lajeista uusimpiin kuuluu kurtttulehtiruusu, jonka siemenet leviävät avoimille rannoille lintujen ulosteiden mukana.

Rannikon ja saariston ruohovartinen kasvillisuus käsittää useita uhanalaisia lajeja. Erittäin uhanalaisiksi on luokiteltu muun muassa saarni, keltalehdokki, nelilehtivesikuusi ja suolayrtti. Vaarantuneita ovat esimerkiksi punakämmekkä ja nurmilaukka. Uhanalaisten putkilokasvien samoin kuin uhanalaisten lehtisamalten elinympäristöjä ovat useimmiten niitty- ja luhtarannat sekä hietikkorannat.

Avoimilla ulkoluodoilla ensimmäisiä puuvartisista kasveja ovat tyrni ja kataja, joiden seuraksi ilmaantuvat hiljalleen

pihlaja, koivu ja mänty. Sukkession myöhemmän vaiheen kuusikot näyttävät varsinakin uloimmassa saaristossa ränsistyneiltä. Metsäisiä rantoja reunustaa yleensä tervaleppävyö. Selkämeren pohjoisosassa rantaluonto on yleisilmeeltään karu.

Kokemäenjoen suisto Porissa on koko Itämeren mittakaavassa merkittävä suolaisen ja makean veden sekoittumisallas, jossa joen tuomat ainekset kerrostuvat nopeasti. Yyteri on maamme hienoimpia dyynialueita vaikka onkin tehokkaassa virkistyskäytössä. Rantaniityt, fladat ja kluuvijärvet ovat hyvin edustettuina koko Selkämeren Suomen-puoleisella rannikolla.

Selkämeren vedenalaista luontoa ei tunneta kovinkaan hyvin. Rannikon kasvillisuudesta on laadittu joitakin selvityksiä paikallisten hankkeiden ympäristövaikutusten arvioimiseksi. Merenpohjan kasvillisuutta on tutkittu vähän, ja pohjaeläimistöselvitykset ovat lähinnä teollisuuden jätevesien laskulupiin liittyvien velvoitetarkkailujen varassa. Maalla elävien selkärangattomien eläinten esiintymistä Selkämeren rannikolla on kartoitettu vain

muutamien lajien osalta ja melko suppeilla alueilla.

Selkämeren kalasto on muuttunut huomattavasti viimeisten vuosikymmenien aikana. Jokien patoaminen on hävittänyt vaelluskalat useimmista Selkämereen laskevista joista viimeistään 1950-luvulla. Merilohen lisäksi meritaimenen ja vaellussiian kanta on istutusten varassa. Merikalastuksen taloudellisesti merkittävin saaliskala on ollut silakka, jonka kannat Selkämerellä ovat vakaat ja myös saaliit hyvät.

Maanisäksälajisto pysyi Selkämeren alueella pitkään verraten vakaana. Tilanne muuttui dramaattisesti, kun tulokaspedot minkki ja supikoira levittyivät rannikolle ja saaristoon. Etenkin minkki on aiheuttanut tuhoa lintujen pesimäluodoilla. Minkkejä ja supikoiria on pyydystetty linnustoltaan arvokkaimmilla alueilla luonnonsuojelu- ja metsästysjärjestöjen yhteistyönä.

Satakunnan merialueelta aikoinaan hävinnyt harmaahylje eli halli on parin viime vuosikymmenen aikana palannut takaisin. Halleja liikkuu Selkämeren rannikkovesillä runsaasti, mutta ne tulevat sinne yleensä

Rantaniitty. Outoori, Pori. Kuva: Juha Manninen.



vain ravinnonhakuun. Halli lisääntyy Selkämeren alueella ainoastaan Kustavin Sandbäckin luodolla.

Perinnemaisemat väistyvät – tilalle tuulipuistot?

Suotuisat luonnonolot edistivät aikoinaan asutuksen leviämistä Selkämeren rannikolle, olivathan Vakka-Suomi ja Kokemäenjokilaakso satoisia viljelyalueita ja tuottoisten kalavesien äärellä. Aluksi asutus ja perinteiset elinkeinot muokkasivat luontoa ja maisemaa hellävaraisesti. Elinkeinojen kehittyessä tilanne muuttui. Teollistuminen ja elintason nousu vaikuttivat luontoon ankarimmin 1960- ja 1970-luvun vaihteessa, jolloin asutuksen ja teollisuuden jätevesikuormitus oli huipussaan.

Perinteinen maankäyttö piti yllä rannikko- ja saaristoluonnon monimuotoisuutta etenkin 1900-luvun alkupuolella. Entisten elinkeinojen hiipuessä luonto köyhtyi. Vanhat perinnebiotoopit kasvavat nykyisin

umpeen. Sen jälkeen kun karjan laidunnus merenrantaniityillä loppui 1960-luvulla, nämä kahlaajien suosimat ympäristöt ovat vähitellen ruovikoituneet, pensoittuneet ja metsittyneet. Laidunnusta on tosin käynnistetty uudelleen 1980-luvun lopulta alkaen esimerkiksi Porin rannikon lintualueilla, jotta rantaniityt säilyisivät avoimina ja linnustolle sopivampina.

Selkämeren rannikko ja saaristo muuttuvat jatkuvasti ihmisen toiminnan myötä. Uudenkaupungin makeavesialtaan rakentaminen muutti 1960-luvulla laajan merellisen saaristoalueen makeavetiseksi. Suuri osa Tahkoluodon teollisuusalueesta Porin edustalla on rakennettu mereen läjitetyille maamassoille, ja myös Rauman rantojen satama- ja teollisuusalueet ovat laajentuneet. Saaristoon halutaan siltoja ja pengerteitä, jotta ihmiset pääsisivät helposti kesä mökeilleen. Tuulipuistot ja merihiekan nosto saattavat jo lähitulevaisuudessa vaikuttaa Selkämeren alueen luontoon ja muuttaa maisemia ainakin paikallisesti.

Merinätkelmä Nurmesluodon hiekkarannalla. Kuva: Raimo Sundelin.



Kansallispuisto Selkämerelle

Juhani Korpinen

Kaksi kansalaisjärjestöä, Satakunnan luonnonsuojelupiiri ja Vakka-Suomen luonnonystävät, tekivät vuonna 1996 omat erilliset aloitteensa kansallispuiston perustamiseksi Selkämerelle. Hanke sai kannatusta ja tukea monelta taholta. Vuonna 1998 Rauman kaupunki ryhtyi aktiivisesti edistämään puiston perustamista, kehittämään saaristoalueen palveluvarustusta ja järjestämään tiedon jakelua kansallispuiston tarpeisiin sopivaksi. Puiston rajaukseen on ollut tarjolla useita vaihtoehtoja, mutta ytimenä on todennäköisesti Satakunnan rannikkoalue. Satakuntaliitto maakunnan kannan ilmaisijana onkin nostanut Selkämeren kansallispuiston perustamisen yhdeksi maakunnan kärkihankkeista.

Moni-ilmeinen, muuttuva saaristoluonto

Kaavailtu kansallispuisto on monipuolinen näyte suomalaista saaristoluontoa. Karuinta osaa edustaa etelä-pohjoissuuntainen somerikko- ja kallioluotojen nauha avoimen meren reunalla. Toisena ääripäänä on Rauman saaristo laajoine metsäsaarineen ja vehmaine lehtoineen. Alueella on kolmisenkymmentä EU-direktiivin mukaista suojeltavaa luontotyyppiä. Erityisiä luontoarvoja ovat maankohoamisrannat ja kasvillisuusvyöhykkeen vaihtuminen hemiborealisesta boreaaliseksi. Molemmat korostavat muutoksen merkitystä osana luonnonnähtävyyttä.

Maankohoamisen aiheuttama muutos on matalilla rannoilla suuri jo yhden sukupolven aikana. Selkämeren saaristossa vierailijan on helppo havaita ekologisen muutoksen eri vaiheet alueen kasvillisuudessa. Merestä paljastuneelle maalle ilmaantuu pioneirilajeja. Karuilla rannoilla ankarimpia olosuhteita sietävien lajien kuten tyrnin valtakausi jatkuu pitkään. Vetsillä maatumarannoilla kehitys johtaa niittyjen, rehevien tervaleppälehtojen ja lehtipuuvaltaisten metsiköiden jälkeen kuusikoihin. Aikaa myöten saarilla kasvaa aitoa vanhaa metsää.

Tulevan kansallispuiston alueella moni kasvilaji esiintyy levinneisyytensä pohjoisrajalla. Ilmaston lämmetessä esimerkiksi tammivyöhykkeen raja voi siirtyä pohjoisemmaksi. Tällaisten muutosten seuraamiseen puisto tarjoaa oivan näköalapaikan.

Vedenalaista luontoa, kulttuuriympäristöjä, geologiaa...

Selkämeren kansallispuisto ei tule kattamaan koko rannikkovyöhykettä yhtenäisenä, saaria ympäröivänä vesialueena. Meriliikenteen väylät ja laajat vesialueet rajataan ulkopuolelle. Saaristo nähtävyyksineen on retkeilijöiden ulottuvilla, mutta kansallispuiston avulla sen käytölle saadaan selkeät säännöt. Puhdas vesi ja merialueen tasapainoinen ekologia ovat tavoitteita, joihin sekä kansallispuistotoiminta että merialueen luontoa hyödyntävät elinkeinot pyrkivät.

Mahdollisuus tutustua vedenalaiseen luontoon on yksi Selkämeren kansallispuiston vahvuuksista. Sen säilyttäminen ja esilläpito edellyttää merkittävää lisätiedon hankkimista. Vedenalaisen maailman erikoisimpiin nähtävyyksiin kuuluvat meren pohjassa lepäävät laivojen hylät. Helpommin saavutettavaa kulttuurihistoriaa ovat saaristolaiselämän kuvaukset sekä ympäristössä vielä näkyvät rakennusten jäännökset ja maankäytön jäljet. Kansallispuiston tarpeisiin on käynnistymässä Selkämeren kulttuuri- ja luonnonmaisemaa käsittelevä julkaisutyö. Tärkeällä sijalla on elämäntapojen kuvaus eri aikoina.

Peruskallio ja kallioperän rakenteet tulevat Selkämeren rannikkoalueella hyvin näkyviin ja tarjoavat luontoharrastajaa kiinnostavan aihepiirin. Selkämeren geologiaa koskevat tiedot on muokattava muotoon, jonka kansallispuistossa vierailija voi sujuvasti ottaa vastaan.



Toteutus tapahtuu paikallisin voimin

Selkämeren kansallispuiston opastuskeskukset ovat pienten informaatiopisteiden verkko. Käyntiportit puistoon sijaitsevat rannikolla ja saariston sisällä. Suuria talonrakennusinvestointeja ja sitoutumista paisuviin kiinteistöjen käyttökustannuksiin ei ole odotettavissa. Vierailijaa palvelee jo olemassa olevissa kohteissa. Luontevia retkeilyn ja matkailun tukikohtia ovat Kuuskajaskarin linnakesaari ja Kylmäpihlajan majakkasaari noin kymmenen kilometrin päässä vesibussin mannerlaiturista. Käyntiportit, opastetut polut, majoitustilat ja muu palveluvarustus jakaantuvat puistoalueen eri kuntiin. Rauman saaristossa retkeilijöitä palvelee kesäaikana saaristoisäntä. Toteuttaminen on paikallista toimintaa, joka tuo Natura 2000 -ohjelman saavutuksia yleisön ulottuville.

Valtakunnan kansallispuistoverkossa on Selkämeren kohdalla aukko. Kaavailtu puisto soveltuu tuon vajeen täyttäjäksi.



Suonigneissä Raumanmeren rantakalliolla. Kuva: Raimo Sundelin.

Kirjallisuutta

Hakila, R. 2000. Satakunnan luonnonsuojeluselvytys 1995–1998. Satakuntaliiton julkaisu A: 249.
Rassi, P., Alanen, A., Kanerva, T. & Mannerkoski, I. (toim.). 2001. Suomen lajien uhanalaisuus 2000.
Ympäristöministeriö & Suomen ympäristökeskus, Helsinki.
<http://www.ymparisto.fi/> (Ympäristöhallinnon sivut: Luonnonsuojelu >suojeluohjelmat ja a-alueet
>Natura 2000 -verkosto)

Merikuljetusten öljy- ja kemikaaliriskit Selkämerellä

Anita Mäkinen

Merenkulku Selkämerellä on melko vilkasta. Osa liikenteestä suuntautuu alueen omiin satamiin, mutta Selkämeren vesillä purjehtivat myös kaikki Merenkurkkuun ja Perämerelle matkaavat alukset. Selkämeren Suomen-puoleisella rannalla on viisi satamaa: Uusikaupunki, Rauma, Eurajoki, Pori ja Kristiinankaupunki. Lisäksi Merikarvialta Sastmolan satamasta liikennöidään ajoittain. Suurimman sataman tittelistä kisaavat Pori ja Rauma, joissa kummassakin käsitellään vuosittain noin 6 miljoonaa tonnia tavaraa. Porissa toiminta on tuontipainotteista, Raumalla keskitytään selkeämmin vientiin. Porin Mäntyluodossa on Pohjoismaiden suurin sahatavarasatama. Tahkoluotoon on rakennettu syväsatama, jossa on erilliset terminaalit öljy- ja kemikaalikuljetuksille.

Selkämeren satamiin tuodaan raaka-putta ja sahaamatonta puutavaraa metsäteollisuuden tarpeisiin, metalleja ja mineraaleja, kappaletavaraa, öljytuotteita, lannoitteita, kemikaaleja ja viljaa. Satamista viedään lähinnä paperia, kemikaaleja ja lannoitteita, sahatavaraa sekä malmeja ja niiden rikasteita. Rahtitavaran määrä on kasvanut jatkuvasti. Esimerkiksi Rauman satamassa rahdin kokonaismäärä oli vuonna 1985 vain 2,7 miljoonaa tonnia mutta vuonna 2003 noin 6 miljoonaa tonnia. EU:n laajetessa Selkämeren meriliikenne todennäköisesti kasvaa edelleen.

Liikenteen vilkastuminen merellä lisää toisaalta alusjonnettomuuksien todennäköisyyttä ja toisaalta öljypäästöjen määrää. Haverin sattuessa riskinä ovat tietysti myös alusten omat polttoaineet. Itämeri on kansainvälisen MARPOL-sopimuksen mukaisesti erityisalue, jossa kaikki öljyiset alusperäiset päästöt on kielletty. Selkämerellä on Itämeren suojelukomission Helcomin 2000-luvulla suorittamissa ilma-seurannoissa todettu korkeintaan muutama pieni (1–3 m³) päästö vuosittain.

Suuronnettomuusilta on välttytty...

Kuljetussuoritteiden perusteella Itämerellä olisi pitänyt tapahtua 4–5 yli 34 tonnin öljyvahinkoa vuodessa ja Suomen merialueella vahinko noin 16 kuukauden välein. Todelisuudessa Itämerellä ollut 1–2 vahinkoa vuodessa ja Suomessa viimeisten kolmen toista vuoden aikana yli 34 tonnin öljyvahinko 39 kuukauden välein.

Olemme säästyneet enemmiltä vahingoilta, koska meriturvallisuuteen on suunnattu voimavaroja erityisesti Itämeren länsi- ja pohjoisosissa, missä rannikon rikkonaisuus tekee merenkulkuolosuhteet vaativiksi. Saaristaisen rannikon väylät on rakennettu ja merkitty melko hyvin, kiinteä tutkaverkko on kattava ja luotsaus pakollista. Vaativista merenkulkuolosuhteista-kin johtuen suurin osa aluskalustosta on suhteellisen uutta ja navigointilaitteet ovat nykyaikaisia. Säiliöaluksista noin 70 % on kaksoisrunkoisia. Havereita kyllä sattuu ja verraten usein, mutta niiden vaikutukset jäävät pieniksi.

Myös Selkämeri on säästynyt isoilta merionnettomuusilta. Selkämeren alueella tapahtui vuosina 2000–2003 Helcomin tilastojen mukaan yhteensä neljä alusjonnettomuutta, kaikki joko matalikolle tai karille ajoja.

... mutta riskit lisääntyvät liikenteen kasvaessa

Öljyonnettomuuden mahdollisuutta arvioitaessa on ensinnäkin tarkasteltava Selkämeren satamien kautta kuljetettavien öljytuotteiden määrää. Vuonna 2003 Poriin tuotiin 331 589 tonnia ja Kristiinankaupunkiin 29 255 tonnia öljytuotteita. Samana vuonna Raumalta lähti 4 195 tonnia ja Porista 49 tonnia öljytuotteita.

Verrattaessa Selkämeren ja Suomenlahden liikenne- ja öljykuljetuslukuja toisiinsa onnettomuusriskin voidaan arvioida olevan Selkämerellä selkeästi pienempi kuin Suomenlahdella, jossa vuotuiset öljykuljetukset ovat ylittäneet 100 miljoonan tonnin rajan. Pahasti karille ajaneen aluksen omat polttoöljyt voivat tosin saada aikaan paljon tuhoa meriluonnolle myös Selkämerellä.

Öljyä liikkuu Selkämerellä kuitenkin vähemmän kuin kemikaaleja ja lannoitteita, joita viedään erityisesti Uudenkaupungin ja Rauman satamista. Matalilla ja karikkosilla vesillä on syytä varautua kemikaali-onnettomuuksiin ja niiden torjumiseen. Lähin kemikaali-onnettomuuksien torjuntaan kykenevä alus on Turkuun sijoitettu Telkkä.

Selkämerellä valmiudet öljyntorjuntaan

Suomessa rannikon öljyntorjunnasta vastaavat alueen kunnat ja aluepelastusviranomaiset, ulkomerellä vastuu on Suomen ympäristökeskuksella. Kunnilla ja aluepelastuskeskuksilla on lakisääteinen oikeus saada Öljysuojarahastolta korvausta öljyntorjuntakaluston hankinnoista ja torjuntavalmiuden ylläpidosta hyväksytyn öljyntorjuntasuunnitelman perusteella. Rahaston pääoma kerätään perimällä öljysuojamaksua jokaiselta Suomen aluevesien kautta kuljetetulta öljytonnilta. Maksu peritään kaksinkertaisena, jos kyseessä on yksirunkoinen alus. Pääomakertymä on noin 8–9 miljoonaa euroa vuodessa.

Öljyisen rannan puhdistusta. Kuva: Seppo Keränen.



Merikuljetussopimukset

Turun yliopiston Merenkulkualan koulutus- ja tutkimuskeskus, Porin yksikkö

Merenkulkuala on ainakin osittain vaikeasti säänneltävissä, sillä merenkulku ja siihen liittyvät kuljetukset ovat perinteisesti hyvin kansainvälisiä. Kansallisten asetusten ja lakien säätäminen perustuu kansainvälisiin sopimuksiin. Näistä joudutaan yleensä tekemään suhteellisen väljiä, jolloin paikalliset vaikutukset jäävät usein vähäisiksi.

IMO – International Maritime Organisation

YK:n alaisen kansainvälisen merenkulkujärjestön IMO:n tavoitteena on edistää meriturvallisuutta ja merenkulun ympäristönsuojelua, toisin sanoen vähentää meriliikenteen saastuttavaa vaikutusta.

Vaarallisten aineiden kuljetuksia kansainvälisissä merikuljetuksissa ja satama-alueilla koskee IMO:n IMDG-koodi (International Maritime Dangerous Goods Code). Viimeisin IMO:n normi koskee terrorismin vastaista määräystä, ns. ISPS-koodia (International Ship and Port Facility Security Code), jota Suomi on sitoutunut noudattamaan 1.7.2004 alkaen.

Yleissopimuksia – esimerkkeinä MARPOL ja SOLAS

IMO:n piirissä on valmisteltu useita kansainvälisiä sopimuksia, jotta kansainvälisessä liikenteessä olevia aluksia koskisivat yhtenäiset määräykset.

MARPOL 73/78 -yleissopimus on kansainvälinen sopimus merten saastumisen ehkäisemisestä. Se sisältää kuusi liitettä:

- Liite I: Öljy- ja öljytuotteet
- Liite II: Irtolastina kuljetettavat vaaralliset nestemäiset aineet
- Liite III: Meriympäristölle vaaralliset pakatut aineet
- Liite IV: Alusten käymäläjätevedet
- Liite V: Alusten kiinteät jätteet
- Liite VI: Ilmansuojelu

Vuonna 1974 laadittu kansainvälinen SOLAS-yleissopimus koskee ihmishengen turvallisuutta merellä ja asettaa vaatimuksia aluksille ja niiden henkilökunnalle. Sopimukseen on tehty myöhemmin muutoksia, joilla velvoitteet on saatettu vastaamaan paremmin meriliikenteessä vallitsevia olosuhteita.

Helsingin sopimus ja Helcom

Itämeren alueen merellisen ympäristön suojelua koskeva yleissopimus, yleisemmin Helsingin sopimuksena tunnettu, allekirjoitettiin vuonna 1974 ja korvattiin uudella sopimuksella vuonna 1992. Sopimuksen toteuttamista hallinnoi Itämeren alueen merellisen ympäristön suojelukomissio Helcom, jonka päätehtävänä on suojella Itämeren alueen meriympäristöä kaikelta saastumiselta hallitusten välisen yhteistyön avulla ja turvata Itämeren biodiversiteetti.

Helsingin sopimus sisältää useita kymmeniä yleisluonteisia artikloja, jotka koskevat mm. periaatteita, keinoja, soveltamista ja yhteistyötä sopimukseen liittyen. Sopimus sisältää myös suoranaisia ohjeita, suosituksia ja määräyksiä koskien mm. dumpausta, aluksista tulevien jätteiden ehkäisyä ja ympäristövaikutusten arviointia.

Helcom-suositukset liittyvät mm. polttoaineiden bunkraukseen, jätteiden vastaanottamisen järjestämiseen satamissa, jätteiden/jätevesien laskemiseen kansallisilla vesialueilla, ilmapäästöjen vähentämiseen laivoilla, satamien jätehuoltosuunnitelmiin sekä no-special-fee -systemin soveltamiseen Itämerellä.

EU-direktiivit

Kansainvälisten sopimusten sekä EU-direktiivien veloitteet implementoidaan kansallisen lainsäädännön kautta, toisin sanoen ne tulevat voimaan kansallisesti vasta lain tai asetuksen täytäntöönpanon myötä. Toisaalta vaikka näitä ei olisikaan implementoitu kansalliseen lainsäädäntöön, ne voivat kuitenkin vaikuttaa suositusten tavoin.

Merenkulkuun ja kuljetuksiin liittyvät EU-direktiivien määräykset koskevat mm. joidenkin polttonesteiden rikkipitoisuutta, bensiinin varastoinnista peräisin olevia VOC-yhdisteitä, tiettyjen ilmapäästöjen kansallisia päästörajoja, ympäristömelun hallintaa ja jäteöljyjen hävittämistä.

Kansallinen ja paikallinen sääntely

Merenkulkua säädellään paitsi kansainvälisin sopimuksin myös kansallisin ja osittain paikallisin määräyksin ja päätöksin. Kansalliset viranomaiset antavat määräyksiä, minkä lisäksi esimerkiksi satamilla on omia ohjeita ja suosituksia. On myös kansallisia perussäädöksiä, kuten ympäristönsuojelulaki, jotka koskevat meriliikennöintiä ja satamia.

Suomessa ne IMO:n yleissopimusten, Helsingin sopimuksen ja EU-direktiivien säännökset, jotka koskevat ympäristösäännöksiä, on saatettu voimaan alusjätelain ja -asetuksen avulla. Sen sijaan Euroopan neuvoston asetukset ovat suoraan EU:n jäsenvaltioita sitovaa lainsäädäntöä, eikä niitä erikseen saateta voimaan kansallisen lainsäädännön avulla.

Selkämeri on öljyntorjunnan osalta jaettu kahteen toiminta-alueeseen. Uudenkaupungin ja Merikarvian välinen alue kuuluu Saaristomerén alueelle laaditun alusöljy- ja aluskemikaalivahinkojen torjunnan yhteistoimintasuunnitelman piiriin. Kristiinankaupunki kuului vielä vuonna 2004 Merenkurkun ja Perämeren alueen alusvahinkojen yhteistoimintasuunnitelmaan, joka muuttuu Pohjanlahden alueen alusjäte- ja aluskemikaalivahinkojen torjunnan yhteissuunnitelmaksi. Selkämeren arvokkaimmat luontokohteet (luonnonsuojelualueet, Natura 2000 -alueet, lintu- ja hyljealueet, kalojen kutualueet) on merkitty torjuntasuunnitelmissa karttoihin, jotta onnettomuuden sattuessa torjuntatoimet osataisiin kohdistaa oikein. Lähinnä kyseen tulee kohteen puomitus estämään öljyvahingon leviämistä.

Telkkä, Merikarhu, Halli ja Hylje

Selkämeren rannikkokuntien öljyntorjuntakapasiteetti on hyvää suomalaista tasoa. Torjuntakalustoon kuuluu öljyntorjuntaveineitä, työlauttoja ja rannikko- ja meripuomeja. Selkämeren alueella on yli 10 metrin (E- tai F-luokan) aluksia Uudessakaupungissa, Raumalla, Porissa (3 kpl) ja Kristiinankaupungissa. Rannikkopuomeja saadaan tarvittaessa Udestakaupungista, Raumalta, Eurajoelta, Luvialta, Porista, Merikarvialta ja Kristiinankaupungista. Meripuomeja on Uudessakaupungissa, Porissa ja Kristiinankaupungissa. Puomikaluston riittävyttä on kuitenkin vaikea arvioida ennakolta.

Kemikaalionnettomuuksien torjuntaan Suomessa on vielä melko huonot valmiudet. Aluskemikaalivahinkojen torjuntaan kykeneviä aluksia on Suomessa Telkän lisäksi Merikarhu, jonka kotisatama on Helsinki. Kemikaali- ja öljyntorjuntaan kykenevän monitoimimurtajan hankkimisesta on kuitenkin tehty varaus vuoden 2005 budjettiin.

Suuronnettomuuden sattuessa Suomen ympäristökeskuksella on operatiivinen johto avomerellä tapahtuvassa öljyntorjuntatyössä. Valtiolle on koko Suomen merialueella käytössä yhteensä kymmenen laivaluokan öljyntorjunta-alusta, joista suurimmat ovat

Halli ja Hylje. Kaikki nämä alukset kykenevät omatoimiseen öljynkeräykseen vedenpinnalta aluksen liikkeessä noin 1–2 solmun nopeudella. Selkämerelle, Merenkurkkuun tai Perämerelle sijoitetaan ainakin toinen Tursas-luokan ulkovartioaluksista, joita parhaillaan muutetaan öljyntorjuntaan kykeneviksi.

Jos suuronnettomuus tapahtuisi Selkämerellä, lähin iso öljyntorjunta-alus Hylje lähtisi matkaan Turusta. Apuun saataisiin myös ruotsalaiset toimijat Kööpenhaminan sopimuksen ja pelastusyhteistyötä koskevan pohjoismaisen sopimuksen perusteella.

Jääpeite merenkulun ongelmana

Jäätilanne on Selkämerellä helpompi kuin Perämerellä mutta useimmiten kattavampi ja pidempi kuin Saaristomerellä. Pitkäaikaistilastojen (1960/1961–1989/1990) mukaan Selkämeren eri osissa on 47–141 ja koko alueella keskimäärin 79 jääpäivää vuodessa. 2000-luvulla jäätalvet ovat olleet normaalia leudompia, lukuun ottamatta talvea 2002/2003, jota voidaan pitää keskimääräisenä jäätalvena. Tuolloin Selkämeri jäättyi 7. tammikuuta ja vapautui jäistä toukokuun alkupuolella. Kiintojään suurin paksuus oli 60–75 cm. Jääpeite sekä lisää onnettomuusriskiä että vaikeuttaa öljyntorjuntaa.

Jos öljyonnettomuus sattuisi talvella jääpeitteisenä kautena, öljy jäisi melko varmasti ainakin osittain jään alle, josta se seuraavana keväänä jäiden sulamisen jälkeen leviäisi likaamaan ympäristöä. Kaikkein kevyimmät ja paloherkimmät fraktiot todennäköisesti haihtuisivat. Raskaat öljy-laadut voivat haihtumisen myötä muuttua jopa vettä raskaammiksi ja vajota pinnan alle.

Onnettomuuden jäljet näkyvät luonnossa pitkään

Puutavaraa kuljettanut rahtialus Eira ajoi karille Merenkurkussa elokuussa 1984. Aluksen polttoainetankeista valui mereen noin 300 tonnia öljyä. Se levisi lauttoina yli 1 500 neliökilometrin laajuiselle alueelle, tappoi lähes 4 000 lintua ja myrkytti kuolevia lintuja syömään tulleita merikotkia.



Rantamaisema Kuuminaisista. Kuva: Juha Manninen.

Hylkyjen öljytankeissa voi tikittää aikapommi

Anita Mäkinen

Laivahylkyjen tankeissa makaava öljy on vakava ympäristöriski. Uponneiden alusten poltto-ainetankit ruostuvat meressä ja alkavat ajan myötä vuotaa. Syvillä alueilla meriveden lämpötila on suurimman osan vuodesta niin alhainen, että raskaat öljyلاادut ovat lähes kiinteitä. Öljy muuttuu juoksevaksi ja alkaa tihkua tankeista vasta loppukesällä meriveden lämmettyä.

Vasta 1990-luvun alussa alettiin ymmärtää, että öljyn voi poistaa hylystä puolta halvemmalla (n. 10€/l) kuin rannalta. Ensimmäinen tyhjennetty kohde oli Utön vesille uponnut rahtilaiva Park Victory. Selkämerellä Rauman edustalle vuonna 1964 uponnut Brita Dan alkoi vuotaa öljyä vuoden 2003 toukokuussa. Park Victoryn kokemuksista viisastuneena ympäristöhallinto ryhtyi heti toimiin, ja hylystä poistettiin kaikkiaan noin 20 tonnia kevyttä öljyä.

Ympäristöhallinnon hylkyrekisteriin on merkitty 450 hylkyä, joissa kaikissa on todennäköisesti yli kymmenen tonnia öljyä. Parissakymmenessä aluksessa arvioidaan olevan öljyä jopa runsaat sata tonnia. Ympäristöhallinnon tavoitteena on ollut tehdä ennusteita merenpohjassa lepäävien hylkyjen vanhenemisesta. Puutteellisten tietojen vuoksi se ei kuitenkaan ole ollut mahdollista. Valtiolta ei ole löytynyt varoja öljyjen pumppaamiseen hylystä, eivätkä uponneet alukset kuulu valtion budjetin ulkopuolisen Öljysuojarahaston korvausten piiriin.

Veteen joutunut öljy vaikuttaa onnettomuusalueen eliöstöön sekä suoraan että ravintoketjujen kautta.

- Rantavyöhykkeen suurkasvit tuhoutuvat, ja monien eliölajien elinympäristö katoaa. Öljy vaikuttaa sekä vesirajan yläpuoliseen rantaan että merenpohjan sedimentteihin ja niiden eliöstöön.
- Kasviplankton jää veden pinnalla kelluvan öljykalvon varjoon, ja solut kuolevat valon puutteessa. Kasviplanktonia syövien planktoneläinten ravinnonsaanti vaikeutuu. Öljyllä on sekä kasvi- että eläinplanktoniin myös suoria myrkkyyvaikutuksia.
- Kuturantojen pilaantuessa kalojen lisääntymistulos heikkenee ja kalakannat pienenevät. Jos öljy ajautuu suoraan kudun päälle, mäti tuhoutuu. Aikuiset kalat osaavat yleensä välttää öljylauttaa.
- Lintujen höyhenpuku tahriintuu ja höyhenten lämmöneristyskyky häviää. Öljyn tahrима lintu ei myöskään kykene lentämään eikä hankkimaan ravintoa. Lintukannat pienentyvät ja öljyn turmelema elinympäristöt autioituvat.
- Hylkeiden lämmönsäätely häiriintyy, kun öljyyntynyt turkki ei enää toimi lämmöneristeenä. Lisäksi hylkeiden poikaset kärsivät öljyn myrkkyyvaikutuksista.

Alueella pesivästä riskiläkannasta kuoli onnettomuuden jälkeisinä vuosina noin 30 prosenttia.

Itämeri erityissuojeluun

Kansainvälinen merenkulkujärjestö IMO on nimennyt Itämeren erityisen herkäksi merialueeksi, ns. PSSA-alueeksi (Particularly Sensitive Sea Area), joka tarvitsee järjestön toimien kautta tapahtuvaa erityissuojelua. Lopullinen hyväksyminen PSSA-

alueeksi on mahdollista vasta kun Itämeren rantavaltiot yhteisesti sopivat meriturvallisuutta parantavista erityistoimista ja anovat niitä PSSA:n yhteyteen IMO:n kokouksessa kesällä 2005.

PSSA-statusen myötä Selkämeren merenkulun turvallisuutta voitaisiin parantaa mm. meriliikenteen kaistajaolla ja liikenteenohjausjärjestelmällä. Suomi rantavaltiona voisi jatkossakin anoa IMO:lta lisäturvamääräyksiä joko yksinään tai yhdessä Ruotsin kanssa.



Haahkakoiraita ulkoluodolla. Kuva: Raimo Sundelin.

Kirjallisuutta

Pohjanlahden meriliikennetilastot vuosina 1995 ja 2003. Merenkululaitos.
 Öljyntorjuntaopas. Ohjeita öljyyntyneiden rantojen puhdistamiseen (2003). Suomen WWF:n raportti 19: 1–16.

Itämeren suojelukomission (Helcomin) nettisivut: <http://www.helcom.fi>
 Merentutkimuslaitoksen jääpalvelu: <http://www.fimr.fi/fi/palvelut/jaapalvelu>
 WWF:n nettisivut: <http://www.wwf.fi/itameri/>

15

Likaantuneet sedimentit satama- ja väyläruoppauksissa

Tuula Kohonen ja Aarno Kotilainen

Koska maankohoaminen ja jokivesien kuljettama aines madaltavat Suomen rannikkovesiä jatkuvasti, satamien ja laivaväylien rakentaminen ja kunnossapito edellyttävät merenpohjan ruoppausta. Tämä toiminta on viime vuosina vaikeutunut sedimentissä havaittujen korkeiden haitta-ainepitoisuuksien ja tiukentuneen lainsäädännön takia. Puhtaiksi todetut ruoppausmassat voidaan yleensä läjittää takaisin mereen, mutta likaantuneiden sedimenttien ruoppaus ja läjitys ovat riski ympäristölle ja edellyttävät erikoisratkaisuja. Raskasmetallit ja orgaaniset ympäristömyrkyt sitoutuvat erityisesti sedimentin hienorakeisiin partikkeleihin ja eloperäiseen ainekseen. Ruoppauksen ja läjityksen yhteydessä nämä keveimmät ja pienimmät rakeet liettyvät veteen ja kulkeutuvat virtausten mukana laajoille alueille ennen laskeutumistaan pohjaan. Etenkin orgaaniset ympäristömyrkyt, kuten tributyyliini (TBT) ja polyklooratut bifenyylit (PCB), ovat ongelmana lähes kaikissa Euroopan satamissa.

Likaantuneiden ruoppausmassojen läjittäminen vapaasti mereen on kielletty kansainvälisin sopimuksin, jotka myös Suomi on allekirjoittanut. Ympäristölle haittattomiksi todettuja ruoppausmassoja voi läjittää mereen ympäristölupaviraston luvalla. Ruopattavaksi aiotun sedimentin läjityskelpoisuutta arvioidaan ympäristöministeriön vuonna 2004 antaman ohjeen ja siinä olevien sedimentin laatukriteerien avulla. Ohje on tullut tarpeeseen, sillä sen mukaan ruoppaus- ja läjitystoimia voidaan suunnitella ja toteuttaa samoilla säännöillä Suomen kaikilla rannikkoalueilla.

Tinayhdisteet – myrkkä vesieläimille

Tributyyliini on vesistöihin päästetyistä aineista haitallisimpia. TBT:tä ja trifenyylit-

tiinaa (TPT:tä) on käytetty laivojen pohjamaaleissa yleisesti 1960-luvulta alkaen estämään päällyseliöiden kiinnittymistä aluksen runkoon. Suomessa TBT-pitoisten pohjamaalien käyttö kiellettiin pienveneissä 1990-luvun alussa, ja vuodesta 2003 lähtien niiden käyttö on kielletty myös isoissa EU-maihin rekisteröidyissä aluksissa. Tinayhdisteitä sisältävät maalit pitää poistaa tai ylimaalata kaikista EU:n satamiin tulevista aluksista vuoteen 2008 mennessä. TBT-maalien käyttökielto tulee voimaan myös maailmanlaajuisesti, kun tarvittava määrä kansainvälisen merenkulkujärjestön IMO:n jäsenmaista on allekirjoittanut kieltoa koskevan sopimuksen. Kuormituksen loputtuakin TBT- ja TPT-yhdisteet haittaavat ruoppaus- ja läjitystoimintaa vielä kauan, sillä ne voivat säilyä syvempien sedimenttikerrosten hapettomissa oloissa vuosikymmeniä.

Orgaanisten tinayhdisteiden haittavaikutuksista on runsaasti kansainvälisiä tutkimustuloksia. TBT ja TPT ovat myrkyllisiä vesieläimille jo erittäin pieninä pitoisuuksina. Jo alle kolme mikrogrammaa kilossa sedimenttiä riittää häiritsemään Itämeressä elävän vaeltajakotilon varhaisvaiheiden kehitystä. Molemmilla yhdisteillä on immunotoksikologisia vaikutuksia, ne häiritsevät hormonitoimintaa, aiheuttavat lisääntymishäiriöitä, hidastavat kasvua ja lisäävät eläinten varhaisvaiheiden kuolleisuutta. TBT:n ja sen hajoamistuotteen dibutyylitiinan epäillään haittaavan myös ihmisen sukupuolihormonien toimintaa.

Orgaanista tinaa kertyy eläimiin lähinnä ravinnosta tai vedestä, mutta koska se on dioksiinien ja PCB:n tapaan rasvaliukoinen aine, sitä kertyy myös suoraan ihon tai epidermisen läpi. Turun ja Naantalin merialueen simpukoissa ja Helsingin edustalta pyydytyissä kaloissa on jo havaittu korkeita TBT- ja TPT-pitoisuuksia. Tributyyliini on luokiteltu

Paperin lastausta Rauman sataman ro-ro-laiturissa. Kuva: Rauman satama.



EU:ssa vaaralliseksi prioriteettiaineeksi, ja sille ollaan laatimassa EU:n yhteisiä ympäristölaatumormeja. Ympäristöministeriön antamissa sedimentin laatukriteereissä haitattomuusraja eli tason 1 raja-arvo on $3 \mu\text{g}/\text{kg}$ ns. standardisedimentin arvona. Ruoppausmassat voi läjittää mereen, jos niiden TBT-pitoisuus jää alle tason 1 raja-arvon. Jos sedimentin pitoisuus ylittää tason 2 raja-arvon $200 \mu\text{g}/\text{kg}$, sedimentti on likaantunutta eikä sitä voi läjittää vapaasti mereen. Tasojen 1 ja 2 välillä olevat TBT-pitoisuudet edellyttävät sedimentin läjityskelpoisuuden tapauskohtaista arviointia esimerkiksi lisänäytteiden ja biotestien avulla.

Haitta-aineet Selkämeren satama- ja väyläalueiden sedimentissä

Orgaanisia tinayhdisteitä on luultavasti kaikkien rannikkosatamien pohjasedimenteissä. Suomessa TBT-pitoisuuksia on alettu tutkia laajemmin vasta 1990-luvun lopulta alkaen ruoppaustoiminnan yhteydessä. Orgaanista tinaa on kertynyt myös Selkämeren satama- ja telakka-alueiden sedimentteihin. Rauman edustalla sedimentin TBT-pitoisuuksia on tutkittu vuodesta 1999 lähtien. Kaikki normalisoidut arvot ovat olleet suurempia kuin ympäristöministeriön kriteeritaso 1. Vähiten TBT-yhdisteitä oli kertynyt satamasta ja telakasta kauimpana olevan näytekohteen sedimenttiin. Standardisedimentin arvoiksi normalisoidut TBT-pitoisuudet ovat olleet

lähes kaikissa sataman ja telakan lähellä sijaitsevilla näytekohteissa tason 2 raja-arvoa suurempia, eli sedimentit ovat olleet ympäristöministeriön laatukriteerien mukaan läjityskelvottomia. Myös sedimentin kuparipitoisuudet ovat olleet korkeita melkein kaikilla tutkituilla alueilla ja joissakin kohteissa tasoa 2 suurempia. Vuonna 2003 tehdyssä tutkimuksessa sedimentin naftaleenipitoisuus ylitti läjityskelpoisuuden rajan yhdessä sataman tutkimuskohteessa, mutta yleisesti ottaen polyaromaattisten hiilivetyjen (PAH-yhdisteiden) määrät ovat alentuneet Rauman edustan pohjasedimenteissä vuosien 1999–2002 jälkeen.

Myös Uudenkaupungin väyläalueilla TBT-yhdisteitä on havaittu useassa kohteessa, mutta sedimentin TBT-pitoisuudet eivät ole olleet yhtä suuria kuin Rauman edustalla. Uudenkaupungin kalasatamaan johtavalla väylällä tasoa 2 suurempia pitoisuuksia on havaittu kahdessa kohteessa. Myös kadmiumin sekä PCB- ja PAH-yhdisteiden arvot ovat olleet koholla kalasataman väyläsedimentissä. Hepokarin väylän ruoppausmassojen läjitysalueella sedimentin metallipitoisuudet ovat kromipitoisuuksia lukuun ottamatta olleet haitattomalla tasolla vuoden 2000 tarkkailututkimuksissa.

Porin satama-alueen sedimenttiin on kertynyt aikojen kuluessa runsaasti kuparia ($87\text{--}200 \text{ mg}/\text{kg}$), jota on päässyt veteen ja sedimenttiin kuparirikasteen lastauksen aikana. Myös kauempana sijaitsevan Reposaaren kalasataman sedimentissä kuparipitoisuus $81 \text{ mg}/\text{kg}$ ylittää ympäristöministeriön kriteeritason 1 ($50 \text{ mg}/\text{kg}$) ja normalisoituna pitoisuutena mahdollisesti



Merenpohjan ruoppausta. Kuva: Raimo Sundelin.

myös tason 2 (90 mg/kg), jolloin sedimentti ei kelpaisi läjitettäväksi mereen. Aker Mäntyluoto Oy:n teettämässä tutkimuksessa havaittiin ruopattavaksi suunnitellun väylän sedimentissä pilaantuneisuutta osoittavaa kriteeritasoa 2 suurempia kupari- ja nikkelipitoisuuksia, vaikka pitoisuudet olivat laskeneet vuoden 1997 tutkimustuloksiin verrattuina. Myös sedimentin TBT-pitoisuudet ylittäisivät ympäristöministeriön ohjeen mukaisesti normalisoituna pilaantumista osoittavan raja-arvon 2 (200 µg/kg), joten ruoppausmassaa ei saisi läjittää mereen.

Vaikka haitta-aineiden ympäristökuormitus on viime vuosina huomattavasti vähentynyt, ruoppausten ja läjitysten yhteydessä tehdyissä tutkimuksissa on todettu, että Selkämeren rannikkosedimentit ovat jokseenkin likaantuneita varsinkin satama- ja telakkatoiminnan kuormittamilla alueilla. Myös muista päästölähteistä tu-

levat haitta-aineet sitoutuvat ainakin väliaikaisesti rannikkosedimentteihin ennen kulkeutumistaan avomeren syvänteisiin.

Likaantuneiden sedimenttien analysointi, ruoppaus ja läjitys on kallista. Ympäristöministeriön ruoppaus- ja läjitysohjeen avulla saadaan aikaan yhtenäinen käytäntö sedimenttien läjityskelpoisuuden arviointiin. Ohjeeseen olisi vielä sisällytettävä tarkempia ohjeita menetelmistä, joiden avulla tasojen 1 ja 2 väliin jäävien, ns. harmaiden sedimenttien läjityskelpoisuutta voidaan luotettavasti arvioida. Tämä olisi erityisen tärkeää TBT-pitoisten sedimenttien osalta, koska jo tason 1 suuruisten pitoisuuksien tiedetään aiheuttavan haittoja herkimmille eläimille. Yhtenäisiä ohjeita tarvitaan myös likaantuneiden sedimenttien hallittuun käsittelyyn ruoppausten aikana ja likaisten ruoppausmassojen varastointiin, jotta sedimenttien sisältämät haitta-aineet eivät olisi vaaraksi ympäristölle tai ihmisten terveydelle.



Aaltojen kuvioimaa hiekkapohjaa. Kuva: Seppo Keränen.

Kirjallisuutta

- Duft, M., Schulte-Oehlmann, U., Tillmann, M., Market, B. & Oehlmann, J. 2003. Toxicity of triphenyltin and tributyltin to the freshwater mudsnail *Potamopyrgus antipodarum* in a new sediment biotest. *Environ. Toxicol. Chem.* 22: 145-152.
- EC (European Commission) 2004. Opinion of the Scientific Panel on Contaminants in the Food Chain on a request from the Commission to assess the health risks to consumers associated with exposure to organotins in foodstuffs. (Question N° EFSA-Q-2003-110). *The EFSA Journal* (2004) 102: 1–119.
- Hoch, M. 2001. Organotin compounds in the environment – an overview. *Applied Geochemistry* 16: 719–743.
- Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys ry. 2000–2002. Ruoppauksiin ja läjityksiin liittyvät tutkimus- ja seurantaraportit.
- Lounais-Suomen vesiensuojeluyhdistys ry ja Lounais-Suomen vesi- ja ympäristötutkimus Oy. 1999–2004. Ruoppauksiin ja läjityksiin liittyvät tutkimus- ja seurantaraportit.
- Ympäristöministeriö 2004. Sedimenttien ruoppaus- ja läjitysohje. Ympäristöopas 117. Ympäristönsuojelu. Ympäristöministeriö. Helsinki. 121 s.

Vesipuitedirektiivi uudistaa vesien tilan seurannan ja velvoitetarkkailun

Harri Helminen

Euroopan unionissa 22.12.2000 voimaan tullut uusi vesidirektiivi on laaja-alainen puitedirektiivi (direktiivi 2000/60/EY). Se sisältää vesiensuojelun yleiset periaatteet, suuntaviivoja ja menettelytapoja, jotka vaikuttavat vesiensuojelun toteutukseen pitkän aikaa. Direktiivi sekä yhdentää Euroopan unionin vesilainsäädäntöä että tuo siihen uusia näkökohtia.

Vesipuitedirektiivin toimeenpanoon kuuluu, että jäsenvaltioiden tulee pinta-vesien ominaispiirteiden määrittelyssä laatia kansalliset ehdotukset mm. rannikkovesien tyypittelyksi vuoden 2003 loppuun mennessä. Ympäristöministeriön asettama asiantuntijatyöryhmä on laatinut tällaisen ehdotuksen. Sen mukaan esimerkiksi Selkämeren rannikolle rajataan kaksi vyöhykettä: sisemmät ja ulommat rannikkovedet.

Selkämeren tyypittely

Selkämeri rajoittuu etelässä Uudenkaupungin tienoille (Edväisiin) ja pohjoisessa Kaskisten pohjoispuolella sijaitsevaan Nämperin niemeen, josta Merenkurkun saaristoalue alkaa leventyä. Selkämeren jaottelussa on käytetty aallokon vaikutusta laajassa merkityksessään, keskimääräistä pohjan laatua (pehmeät ja kovat pohjat) sekä vähäisessä määrin myös veden keskimääräistä lämpötilaa ja sameutta. Aallokon vaikutusta on arvioitu saariston sijainnin ja jakauman sekä veden syvyyden, vesialueen laajuuden ja suojaisuuden perusteella.

Selkämeren sisemmät rannikkovedet kattavat suurimpien saarten ja saariryhmien sekä mannerrannan välisen kapean vesialueen. Alue on matalaa (keskisyvyys alle 10 m), ja sitä luonnehtivat useat matalat lahdet. Pohja on suurelta osin kovaa kuljetus- eli transportaatiopohjaa. Paikallisissa syvänteissä on pienialaisia sedimen-

taatioalueita ja pehmeitä pohjia. Näkösyvyys on alle kolme metriä (sameus yli 2 FTU). Pihlavanlahdella näkösyvyys on alle metrin (sameus 10–20 FTU).

Selkämeren ulommat rannikkovedet ovat avomerien kaltaista karua ympäristöä, joka eroaa sisemmän rannikkovyöhykkeen suojaisemmista alueista selvästi. Pohja on suurelta osin kovaa pohjaa, sillä merenpohjan sedimentaatioalueet sijaitsevat avomerellä rannikkovesien rajan ulkopuolella. Alueella on alle 10 metrin syvyisiä matalikkoja ja yksittäisiä pikkusaaria ja luotoja. Keskimääräinen sameus on alle 2 FTU.

Tavoitteena hyvä ekologinen tila

Direktiivin tarkoituksena on luoda puitteet Euroopan yhteisön jäsenmaiden vesiensuojelulle. Sen avulla halutaan mm.

- estää vesiekosysteemien huononemista sekä suojella ja parantaa niiden tilaa,
- edistää kestävää, vesivarojen pitkän ajan suojeluun perustuvaa vedenkäyttöä,
- vähentää pohjavesien pilaantumista,
- ehottaa vesiensuojelua vähentämällä pilaavien ja vaarallisten aineiden (prioriteettiaineiden) päästöjä.

Keskeinen tavoite on saavuttaa pintavesien hyvä ekologinen ja kemiallinen tila sekä pohjavesien hyvä määrällinen ja kemiallinen tila 15 vuoden kuluessa direktiivin voimaantulosta.

Direktiivissä määritellään perusyksiköksi vesien hoitoa varten vesienhoitoalue. Vesienhoitoalue on maa- ja merialue, joka koostuu yhdestä tai useasta vesistöalueesta niihin yhteydessä olevine pohjavesineen ja rannikkovesineen. Pieniä vesistöalueita voidaan liittää suuriin vesistöalueisiin tai useita pieniä alueita voidaan yhdistää. Pohjavedet vesistöalueen rajoilla tarkistetaan ja liitetään lähimpään tai soveltuvim-

paan vesienhoitoalueeseen. Samoin käydään läpi rannikkovedet.

Biologia luokittelun perustaksi

Pintavesien suojelun päätavoite, hyvä ekologinen tila, määritellään vesieliöstön ja sen elinympäristön tarkastelun perusteella. Tarkastelussa ovat mukana kasviplankton, muu vesikasvillisuus, pohjaeläimet ja kalat, erilaisissa vesissä jonkin verran vaihdellen. Näitä eliöryhmiä kuvaavien tekijöiden lisäksi ekologisen tilan määrittelyyn käytetään veden fysikaalisia ja kemiallisia sekä vesistön hydrologisia ja morfologisia tekijöitä.

Keinotekoisille tai voimakkaasti muutetuille vesille voidaan määritellä tavoite-tilaksi niin sanottu ekologinen potentiaali. Direktiivissä ekologiselle tilalle on annettu sanalliset norminluonteiset määritelmät. Kukin jäsenmaa valmistelee käytäntöön sovellettavan tarkemman luokituksen. Eri maiden luokitusten yhtenäistämiseksi EU:ssa järjestetään vertailu.

Vanhhat seuranta- ja tarkkailuohjelmat remonttiin

Direktiivin voimaantulon myötä vesien-suojelua koskevia säädöksiä joudutaan tarkistamaan myös Suomessa. Direktiivi aiheuttaa muutoksia erityisesti ympäristön-suojelulakiin ja vesilakiin. Pintavesien seuranta painotetaan nykyistä enemmän eliöstön tarkasteluun. Hajakuormituksen ja vesistön hydrologisten ja morfologisten ominaisuuksien seuranta tarkistetaan. Pintavesien tilan kuvaamiseen tarvitaan

uusi luokittelujärjestelmä, jonka lähtökohtana on vesieliöstö elinympäristöineen. Nykyisin vesiä luokitellaan Suomessa ensisijaisesti niiden käyttökelpoisuuden perusteella.

Direktiivi asettaa uusia haasteita ympäristön tilan seurantajärjestelmille. Ympäristöhallinnon ylläpitämät seurannat ja lupaehtoihin liittyvät velvoitetarkkailuohjelmat ovat perinteisesti painottuneet veden fysiikan ja kemian mittaamiseen. Nyt pääpaino tulee biologisille muuttujille fysikaalis-kemiallisten indikaattorien jäädessä näitä tukeviksi tekijöiksi. Merialueilla seurannat ja tarkkailuohjelmat ovat usein rajoittuneet hyvin kapeille sektoreille rannikon läheisyyteen. Näin on tapahtunut esimerkiksi Selkämerellä: sen ulomman rannikkovyöhykkeen veden laadusta tai eliöstöstä ei ole ollut juuri minkäänlaista tutkimusaineistoa ennen vuotta 2004. Näin ollen myös seurantojen alueellisen kattavuuteen on kiinnitettävä erityistä huomiota.

Uuden vesien tilan seurantaohjelman pitäisi olla voimassa vuonna 2006. Nähtäväksi jää, löytyykö toimijoilta todellista halua vanhojen rakenteiden uudistamiseen. Tällä hetkellä näyttää siltä, että aluksi noudatetaan vanhoja käytäntöjä ja niihin tuodaan vasta vähitellen uusia osioita. Ensimmäiset ekologiset luokittelut jouduttaneen tekemään perinteisen käyttökelpoisuusluokituksen pohjalta, koska biologista aineistoa ei kerta kaikkiaan ole saatavilla. Biologisen aineiston tulkinta on myös hankalampaa kuin fysikaalis-kemiallisen, eikä siihen juurikaan ole valmiuksia ilman laajempaa verkottumista eri asiantuntija-organisaatioiden välillä.

Kirjallisuutta

Direktiivi 2000/60/EY.

<http://www.ymparisto.fi/> >Ympäristönsuojelu >Vesiensuojelu >Vesienhoidon suunnittelu ja yhteistyö
>Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2000/60/EY yhteisön vesipolitiikan puitteista

Millaiseksi muutut, Selkämeri?

Juha Hyvärinen

Selkämeri on melko hyvässä kunnossa. Näin voidaan todeta, kun vertailukohteina ovat Suomenlahti ja Saaristomeren rannikonläheiset vedet. Selkämereen tuleva kuormitus on Suomenlahteen kohdistuvaa kuormitusta selvästi pienempi. Sokkeloiseen Saaristomereen verrattuna Selkämeren rannikko on avointa, ja veden vaihtuvuus rannikon ja ulapan välillä on suhteellisen hyvä. Rehevöitymisen merkkejä on kuitenkin näkyvissä.

Selkämeren tilan kannalta on oleellista, että matala Saaristomeri ja Ahvenanmeren eteläpuolella oleva vedenalaisten kynnysten muodostama harjanne estävät Itämeren syvänteiden suolaisen ja ravinteikkaan veden pääsyn Pohjanlahdelle. Tämä on ratkaiseva ero Suomenlahteen nähden. Selkämeren vesi ei ole voimakkaasti kerrostunut suolapitoisuuden mukaan, ja lähes kerrostumaton vesi kiertää pystysuuntaisesti pitäen pohjan hapekkaana. Hapettomuudesta johtuva syviltä pohjilta tuleva sisäinen kuormitus ei siten ole ongelma Selkämerellä. Ulapan syvävedessä on havaittu jopa happipitoisuuden lievää nousua ja fosforipitoisuuden hienoista laskua. Myös nitraattitypen määrä ja ulapan ravinnekuormittajana merkitävä typpilaskeuma ovat vähentyneet. Silti Selkämeren ulapalla planktonlevien määrää ilmentävä veden klorofyllipitoisuus on kasvanut 1970-lukuun verrattuna.

Yhdyskunta- ja teollisuusjätevesien tehostunut käsittely on parantanut merkittävästi purkualueiden tilaa. Jätevesien aiemmin pilaamat vedet ovat puhdistuneet, mutta rehevöityneet vesialueet ovat samaan aikaan laajentuneet. Rannikon lähi-vesien ravinnepitoisuudet ovat hiljalleen kasvaneet. Kehitys on vakavan huomion arvoinen, mutta se on jäänyt Suomenlahdella ja Saaristomerellä jo kärjistyneiden ongelmien varjoon.

Rannan läheiset, virkistyskäytön kannalta tärkeimmät vedet ovat rehevöityneimpiä. Tämä johtuu osin paikallisesta kuormituksesta. Ratkaisevaa lienee kuitenkin se, että matalilla, kesäaikaan lämpenevillä vesialueilla ravinteet kiertävät pohjan ja veden välillä tehokkaasti, jolloin levien ja vesikasvien tuotanto voimistuu. Lisäksi veden vähäinen vaihtuvuus heikentää näiden, jopa näennäisen kuormittamattomien saaristo- ja lahtivesien tilaa.

Selkämeren tilaan vaikuttaa myös muilta merialueilta tuleva kuormitus. Pohjan kynnykset eivät estä pintaveden virtausta. Etenkin kesällä etelästä pohjoiseen suuntautuva päävirtaus tuo Selkämerelle ravinteita Saaristomereltä. Perämereltä taas tulee typpipitoisia jokivesiä, mutta ne kulkeutuvat ensisijaisesti Ruotsin rannikkoa pitkin etelään.

Vuodet eivät ole veljeksiä

Selkämeri-raportin laatimisajankohtaa edelsi niukkasateinen jakso (v. 2002–2003), jonka aikana hajakuormitus oli huuhtouman vähäisyyden ansiosta huomattavasti tavanomaista pienempi. Merivesi näytti kirkastuvan yllättävän nopeasti. Tämä antaa toiveita siitä, että rannikkovesien tila voisi hajakuormituksen pienentyessä parantua. Vuonna 2004 sademäärä palautui Satakunnan rannikkoseudulla keskimääräiselle tasolle. Ravinnehuuhtouma kasvoi vastaavasti ja lienee ollut lauhan alkutalven 2005 aikana keskimääräistä suurempikin. Sinilevien runsastuminen avomeren reunassa syksyllä 2004 saattoi liittyä huuhtouman muutoksiin.

Sinänsä myönteinen veden kirkastuminen lienee suurin syy uposkasvien kuten ärviöiden ja ahvenvidan runsastumiseen. Kesällä 2004 uposkasveja oli matalissa rantesissa paikoin niin paljon, että veneellä



Rauman sataman edustaa. Kuva: Raimo Sundelin.

liikkuminen vaikeutui. Ilmiö sai alueella runsaasti huomiota.

Selkämeren suolapitoisuus on nykyisin alempi kuin 1950-luvulla. Pohjanmereltä 1970-luvun lopulla Itämereen tullut suuri suolavesipulssi nosti Selkämerenkin suolatasoa väliaikaisesti, ja sinne saatiin turskiakin moneksi vuodeksi. 1980-luvun alusta alkanut makeutumissuuntaus todennäköisesti jatkuu, kunnes seuraava suolapulssi sen taas muuttaa. Suolaisuuden vähetessä makeanveden lajien osuus eliölajistossa kasvaa. Ulpain syväveden suolapitoisuuden on tosin havaittu viime vuosina hieman nousseen.

Viime vuosien lämpimät kesät ovat vaikuttaneet Selkämerenkin eliöstöön. Esimerkiksi kuhakannassa vaikutus näkyy erityisen voimakkaana. Vahvat kuhavuosi-luokat ovat tuottaneet runsaita saaliita ennen lähes kuhattomilla vesillä. Lämpimät kesät ovat myös aiheuttaneet muutoksia sinilevien lajikoostumukseen.

Uhkia ja ongelmia

Rehevöityminen on Selkämeren keskeisin uhka. Yhdyskuntien ja teollisuuden jätevesistä koituu edelleenkin paikallisia ongelmia, mutta koko Selkämeren tilan kannalta ratkaisevaa on muilta merialueilta kulkeutuva ravinnekuorma ja maataloudessa käytetyistä lannoitteista aiheutuva hajakuormitus.

Koska Selkämeren happitilanne on hyvä, syvän veden pohjilta ei vapaudu sedimenttiin sitoutuneita ravinteita veteen enemmän kuin luontaisessa ravinnekierrossa. Sen sijaan rannikkovesien matalissa lahdissa ravinnekierto on muuttunut. Pohjaa voi peittää ajelehtivista rihmalevistä muodostunut yhtenäinen matto, joka hajotessaan kuluttaa hapen sedimentin pinnalta aiheuttaen fosforin liukenemista veteen. Ravinnemäärien kasvaessa ilmiö voimistuu ja saattaa heikentää veden laatua. Rantavesien rehevyyteen tämä kehitys voi



Rauman ulkosaaristoa, taustalla Kylmäpihlajan majakka. Kuva: Pirjo Koski-Hyvärinen.

vaikuttaa otaksuttua voimakkaammin. Vesi samenee ja rihmalevien valtaamien pohjien eliöstö yksipuolistuu, jopa katoaa kokonaan.

Sisäinen kuormitus on vesiensuojelulle suuri ongelma. Kierrettä on vaikea katkaista ulkoista kuormitusta vähentämällä, koska merenpohjaan jo kertyneet ravinteet riittävät rehevöittämään vesistöä jopa vuosikymmenien ajan. Ulkoisen kuormituksen pienentäminen on kuitenkin pitkällä aikavälillä ainoa korjauskeino.

Sisäisen kuormituksen mahdollinen voimistuminen Saaristomerellä on huolestuttavaa Selkämerenkin tilan kannalta, koska eteläisen Selkämeren kesäinen pintavesi on peräisin lähinnä Saaristomereltä. Vaikka varsinaiselta Itämereltä pohjoiseen kulkeutuvasta ravinnekuormasta paljon jää Saaristomereen, Selkämeren eteläosiin

virtaa runsaasti fosforia ja typpeä sisältävää vettä. Ainakin Vakka-Suomen merialueen levätuotannolle fosforiylimäärällä on merkitystä.

Ilmaston lämpeneminen lisää rehevöitymistä. Leudot, sateiset ja vähälumiset talvet yleistyvät. Ravinnehuhtouma erityisesti pelloilta kasvaa. Talvilämpötilojen nousu ja sademäärän kasvu lisäävät haja-kuormitusta pahimmillaan enemmän kuin sitä maatalouden nykyisillä vesiensuojelutoimilla voidaan vähentää.

Raskasmetallien ja suoranaisten myrkyjen päästöt ovat vesiensuojelun tehostumisen myötä pienentyneet. Raskasmetallit ovatkin Selkämerellä pääosin väistyvä ongelma. Ympäristö on kuitenkin kemikaalisoitunut laajalti, ja tiedot aineiden vaikutuksista ovat puutteellisia. Suomen merialueiden silakoiden suurimmat dioksi-



Purjelautailija tyrskyaallokossa, Yyteri. Kuva: Seppo Keränen.

nipitoisuudet on mitattu Pohjanlahden silakoista, ja ne ylittävät jopa moninkertaisesti EU:n terveysperustein asettaman raja-arvon. EU:n komissio on kuitenkin myöntänyt Suomelle ja Ruotsille vuoden 2006 loppuun saakka poikkeusluvan myydä silakkaa kotimaan markkinoilla. Uusia ongelmallisia yhdisteitä löytyy varmasti jatkossakin – tuore esimerkki on tributyyylitina (TBT), jota joutuu veteen satama- ja väyläruoppauksissa.

Öljy- ja kemikaalikuljetusten määrä on Selkämerellä huomattavasti pienempi kuin Suomenlahdella. Vastaavaa kasvuaakaan ei ole näköpiirissä. Onnettomuusriski on kuitenkin olemassa.

Seurantaresursseja keskeisiin tekijöihin

Merialueen tilan seuranta on ollut paljolti veden laadun seurantaa. Vesipuitedirektiivin täytäntöönpano lisää biologisten tarkkailujen osuutta. Veden laadun muutosten arvioinnista siirrytään nykyistä enemmän meren eliöiden seurantaan. Periaatteessa suuntaus on oikea. Vedenlaatuun keskittyvä seuranta ei ole tuonut kovinkaan hyvin esille biologisia muutoksia, vaikkapa rantavyöhykkeen vesikasvillisuuden runsastumista.

Biologiselle aineistolle ominainen suuri satunnaisuus ja huonosti tunnettujen tekijöiden vaihtelu vaikeuttavat muutosten havaitsemista. Esimerkiksi hyväkuntoisten pohjien ilmentäjälajin, valkokatkan, kannat vaihtelevat suuresti. Tähän vaihteluun

vaikuttavat kannan sisäisten tekijöiden ja ravintovarojen väliset suhteet enemmän kuin varsinaiset ympäristön tilan muutokset. Indikaattorilajit pitää tuntea hyvin, jotta seurantatuloksia voidaan tulkita oikein. Vastaavaa vuotuista, veden laadusta riippumatonta vaihtelua on myös pohjan makrolevillä. Sääolot vaikuttavat biologisen seurannan tuloksiin, joskus ehkä enemmänkin kuin vesikemiallisten analyysien perusteella saatavaan kuvaan merialueen tilasta.

Selkämeren rannikkovesien tilan seuranta perustuu pääosin erilaisissa lupamääräyksissä asetettuihin tarkkailuvelvoitteisiin. Sekä vesiensuojelussa että vesistö-tarkkailuissa pitäisi keskittyä merialueen tilan kannalta oleellisiin tekijöihin. Myös meren omiin prosesseihin, lähinnä ulapan ravinteiden kiertoon ja sisäiseen kuormitukseen liittyvät tekijät on tarpeen tuntea nykyistä paremmin.

Selkämeren tilan seurantaan on käytetty vähemmän tutkimuslaitosten ja viranomaisten resursseja kuin Suomenlahden ja Saaristomeren tutkimukseen ja seurantaan. Näiden kolmen alueen vesiensuojeluongelmat ja väestömäärät poikkeavat toisistaan. Selkämeren tila on kuitenkin muuttumassa. Muutoksista ja niiden syistä tarvitaan enemmän tietoa vesiensuojelutoimien oikeaksi kohdentamiseksi.

Miten tästä eteenpäin, Selkämeri?

Rauman kaupungin ja metsäteollisuuden jätevesien yhteispuhdistuskokeilu on täytännyt puhdistamotekniset odotukset. Leville

suoraan käyttökelpoinen tyyppi vähenee prosessissa murto-osaan lähtötasosta. Biologisesti aktiivisen typpikuormituksen jyrkkä väheneminen on kuitenkin vaikuttanut merialueen tilaan vain vähän, ja muutos on havaittavissa vain purkualueen edustalla. Useimmilla muillakin jätevedenpuhdistamoilla on päästy tasolle, jolla puhdistuksen tehostaminen tuottaa vain pieniä parannuksia merialueen tilaan.

Ulkoista kuormitusta voitaneen nyt vähentää parhaiten pienentämällä maatalousperäistä hajakuormitusta. Työ on jo alkanut, mutta tulokset ovat vaatimattomia ja kuormituksen luonteen takia näkyvät osin vasta viiveellä. Tehtävä on monessa suhteessa hankalampi kuin jätevesikuormituksen hallinta. Vähäsateisina vuosina 2002–2003 ravinnehuuhtouma ja hajakuormitus olivat tavanomaista huomattavasti pienempiä ja tämä näkyi paikoitellen merialueen tilan kohentumisena, esimerkiksi Rauman edustalla. Hajakuormituksen vähentäminen lienee tällä hetkellä oikea tie rannikkovesien tilan parantamiseen.

Selkämeren rehevöitymisen keskeisenä aiheuttajana on syytä pitää hajakuormituksen ohella myös Saaristomereltä tulevaa muuta ravinnekuormitusta. Tällä on merkitystä ainakin eteläiselle Selkämerelle, ehkä laajemminkin. Tähän viittaa se, että Kokemäenjoen mereen tuoman kuormituksen väheneminen ei ole johtanut vastaavaan ravinnepitoisuuksien alenemiseen Porin edustan merialueella. Saaristomeren tilan parantaminen on siten myös satakuntalaisittain tärkeää.

Liisteriä kalaverkkoihin?

Juha Hyvärinen

Itämereen kulkeutuu jatkuvasti eliöitä muilta meriltä ja myös sisävesiltä etenkin painolastivesien mukana ja laivojen pohjaan kiinnittyneinä. Jotkin tulokkaista kykenevät elämään ja lisääntymään uusissa oloissa ja myös levittäytymään laajemmalle. Itämerestä tunnetaan noin 70 tulokaslajia. Useimmat ovat selkärangattomia, mutta joukossa on kalojakin. Ensimmäinen Suomen vesialueella tavattu mustakitatokko iski pilkkiin Saaristomerellä helmikuussa 2005.

Selkärangattomista lajeista amerikansukasmato, kaspianmassiainen ja *Cercopagis pengoi*-petovesikirppu ovat parin viime vuosikymmenen aikana edenneet Selkämerelle asti. Jopa kymmenen senttimetrin pituiseksi kasvava amerikansukasmato on runsastunut nopeasti Selkämeren rannikkovesien liejupohjilla ja valtaa alaa myös syvillä pohjilla. Se saattaa syrjäyttää muuta eliöstöä ja voi vaikuttaa koko ekosysteemin toimintaan kaivelemalla käytäviä pohjaliejuun ja siten lisäämällä ravinteiden vapautumista pohjasta. Äyriäisiin kuuluva, aikuisena noin 10 millimetriä pitkä kaspianmassiainen on niin ikään runsaslukuinen laji ainakin Rauman edustalla. Se saattaa olla merkittävää ravintoa rantakivikoiden kaloille.

Myös petovesikirpulla on todennäköisesti merkitystä kalojen ravintona. Tämä peräulokkeineen noin senttimetrin mittainen äyriäinen puolestaan saalistaa kasviplanktonia syöviä hankajalkaisia ja pieniä vesikirppulajeja ja voi siten välillisesti edistää leväkukintoja. Petovesikirpusta on Selkämeren kalastajien tekemiä havaintoja vuodesta 1998 alkaen, ja ainakin Kaskisten edustalla laji on ollut riesaksi asti. Petovesikirput takertuvat toisiinsa ja verkkoihin liisterimäiseksi massaksi. Laji on leviämässä koko Selkämerelle.

Itämeri on suhteellisen nuorena ekosysteeminä avoin uusille lajeille. Myös Selkämereen ilmaantunee lisää tulokkaita, ja joukossa voi olla entistä harmillisempia lajeja, vaikkapa myrkyllinen planktonlevä.

Kirjallisuutta

- Alenius, P., Håkansson, B. & Brydsten, L. 1994. Pohjanlahti fysikaalisena ympäristönä. Pohjanlahtivuosi -91. Skärgård 1: 12–36.
- Helcom 2002. Environment of the Baltic Sea area 1994–1998. Baltic Sea Environment Proceedings 82 B. 215 s.
- Helcom 2003. The Baltic Marine Environment 1999–2002. Baltic Sea Environment Proceedings 87. 47 s.
- Jumppanen, K. & Mattila, J. 1994. Saaristomeren tilan kehitys ja siihen vaikuttavat tekijät. Lounais-Suomen vesien-suojeluyhdistys ry. Julkaisu 82. 206 s.
- Kuparinen, J., Leonardsson, K., Mattila, J. & Wikner, J. 1994. Pohjanlahden ekologiasta: ravintoverkon rakenne, ainekierron ja kehityksen suunnat. Pohjanlahtivuosi -91. Skärgård 1: 37–66.
- Pitkänen H. (toim.). 2004. Rannikko- ja avomerialueiden tila vuosituhannen vaihteessa. Suomen Itämeren suojeluohjelman taustaselvitykset. Suomen ympäristö 669. Suomen ympäristökeskus, Helsinki. 104 s.

Kirjoittajat

.....

Anne Erkkilä, yksikön päällikkö, Turun yliopisto, MKK Porin yksikkö.

Harri Helminen, dosentti, erikoistutkija, Lounais-Suomen ympäristökeskus.
Tutkinut virtauksia ja vedenlaatua mm. Raumanmeren alueella.

Juha Hyvärinen, hydrobiologi, Rauman kaupungin ympäristönsuojelupäällikkö ja Raumanmeren kalastusalueen isännöitsijä. Biosukeltaja.

Kauko Häkkinen, ylitarkastaja, Lounais-Suomen ympäristökeskus.

Veijo Kinnunen, hydrobiologi, tutkimussukeltaja, Alleco Oy.

Teija Kirkkala, fil.maist., Lounais-Suomen vesiensuojeluyhdistys ry:n vt. toiminnanjohtaja ja Lounais-Suomen vesi- ja ympäristötutkimus Oy:n tutkimuspäällikkö.
Virkavapaalla Lounais-Suomen ympäristökeskuksen ylitarkastajan virasta.

Tuula Kohonen, fil.maist., merigeologi, projektikoordinaattori Åbo Akademin Husön biologisella asemalla. Tutkinut mm. merenpohjan sedimentaatioprosesseja sekä orgaanisten ympäristömyrkköjen kertymistä sedimenttiin ja ravintoketjuihin.

Sampsa Koponen, tekn.lis., tutkija, Teknillisen korkeakoulun Avaruustekniikan laboratorio. Tutkinut kaukokartoituksen käyttöä vedenlaadun seurannassa Suomen järvi- ja merialueilla.

Juhani Korpinen, Rauman kaupungin ympäristötoimenjohtaja, Selkämeren kansallispuistoa valmisteluiden projektien vetäjä 1998–2004.

Aarno Kotilainen, dosentti, merigeologi, Geologian tutkimuskeskus.
Tutkinut mm. merenpohjan sedimentaatioprosesseja ja sedimenttien kerrostumishistoriaa.

Ari O. Laine, fil.maist., hydrobiologi, tutkija, Merentutkimuslaitos ja Suomen ympäristökeskus. Tutkinut pohjaeläinten ekologiaa, Itämeren ympäristön pitkäaikaismuutoksia ja alueen tulokaslajeja.

Pekka Lammi, ympäristöjohtaja, Kemira Pigments Oy.

Hannu Lehtonen, kalataloustieteen professori, Helsingin yliopisto. Tutkinut Selkämeren kaloja, erityisesti siikaa, ja teollisuusjätevesien vaikutuksia kaloihin ja kalatalouteen työskennellessään Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksessa 1973–1995.

Juha Manninen, ylitarkastaja, Lounais-Suomen ympäristökeskuksen Satakunnan toimipaikka, luonnonsuojeluryhmä.

Johanna Mattila, dosentti, Åbo Akademin biologisen kenttäaseman (Husö biologiska station) johtaja. Toiminut mm. levämattojen esiintymistä ja ympäristövaikutuksia koskevan EU-projektin (EU Life Algae) vetäjänä Ahvenanmaalla.

Anita Mäkinen, meriasiantuntija, WWF.

Reijo Oravainen, maat.metsät.kand., limnologi, päätehtävänä vesistöjen velvoitetarkkailujen raportointi. Vuodesta 1997 lähtien Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys ry:n toiminnanjohtaja.

Panu Oulasvirta, hydrobiologi, Alleco Oy:n toimitusjohtaja. Tutkinut vesikasvillisuutta ja silakan kutualueita Selkämeren saaristoalueella 1984–2004.

Vesa Saarikari, fil.maist., tutkija, Turun yliopisto. Erityisalan järvien ja Itämeren pohjaeläimet ja eläinplankton.

Seppo Salonen, ympäristösuunnittelija, Porin kaupungin ympäristötoimisto.

Jouko Sarvala, eläintieteen professori, Turun yliopisto. Tutkinut mm. vesiekosysteemien rakennetta ja toimintaa Itämeressä sekä Suomen ja Afrikan järvissä.

Anne Savola, ympäristösuunnittelija, Satakuntaliitto.

Janne Suomela, ylitarkastaja, Lounais-Suomen ympäristökeskus.

Olli Taivainen, asiantuntija, radiokemisti, Teollisuuden Voima Oy.

Hanna Turkki, fil.maist., va. biologi, Lounais-Suomen vesi- ja ympäristötutkimus Oy.

Pekka Turunen, maakuntajohtaja, Satakuntaliitto

Seija Vatka, ympäristöpäällikkö, UPM-Kymmene Oyj.

Jari Vehviläinen, fil.maist., kemisti, Merentutkimuslaitoksen vs. tutkija. Työskennellyt pääasiassa meriveden kemiallisen perustutkimuksen parissa toukokuusta 2004 lähtien.

Peter Westerholm, ympäristönsuojelupäällikkö, Kemira GrowHow Oyj.

Termien selityksiä

Ainevirtaama

Virtaaman mukana kulkeva aines, joka voi olla epäorgaanista tai orgaanista kiintoainesta (maainesta tai humusta), kivennäisainetta, alkuainetta tai sen yhdisteitä. Mittayksikkönä on kiloa tai tonnia aikayksikössä.

a-klorofylli

on yhteyttävillä kasveilla, kuten mikroskooppisen pienillä, vedessä keijuville leville, välttämättömä väriaine. Veden a-klorofyllipitoisuus kuvaa lehtivihreällisten planktonlevien määrää. Se vaihtelee vuosittain, vuodenaikojen mukaan ja vuorokauden sisälläkin, ja siihen vaikuttavat mm. vedessä olevien ravinteiden määrä, valaistus, levälajisto, levien ikä ja koko.

Alkaliniteetti

Mittaa veden kykyä sitoa happoa ja vastustaa pH:n muutoksia. Alkaliniteetti mittaa toisin sanoen veden puskurikykyä, joka riippuu mm. vesistön valuma-alueen maapeitteen laadusta. Puskurikyky on heikosti rapautuvilla peruskallioalueilla huono. Rapautumisen mukana tulevat suolat (Na, K, Ca, Mg) parantavat puskurikykyä.

BHK7 (BOD)

Biologinen hapenkulutus (Biological Oxygen Demand) ilmaisee veden sisältämien biologisesti hajoavien aineiden seitsemän vuorokauden aikana vakio-tilassa kuluttamaa hapen määrää.

Boreaalinen vyöhyke

Pohjoinen havumetsävyöhyke.

Eroosio

Aineksen irtautuminen maa- tai kallioperästä veden, tuulen, jään tai painovoiman kuljetettavaksi. Vesieroosiossa alueelta pois kulkeutuva materiaali laskeutuu virtauksen hidastuessa uoman tai altaan pohjaan. Suomen oloissa tärkeimmät eroosion aiheuttajat ovat rankkasade, jään liikkeet ja voimakas veden virtaus. Maan eroosioherkkyys riippuu mm. maalajista, maan kaltevuudesta, käytettävästä ja kasvillisuudesta.

FNU

Ks. sameus.

FTU

Ks. sameus.

Geomorfologinen

Maankuoren ja kallioperän muotoa koskeva.

Hajakuormitus

Lukuisista (pienistä) päästölähteistä peräisin oleva kuormitus, joka on yleensä vaikeasti mitattavissa. Muodostuu pääosin maa- ja metsätalouden sekä haja-asutuksen kuormituksesta.

Halokliini

Merissä esiintyvä suolapitoisuuden harppauskerros, jonka yläpuolella on niukkasuolaisempi päällyysvesi ja alapuolella suolaisempi syvävesi.

Happamat sulfidimaat (alunamaat)

Maanpinnan kohotessa paljastuneita entisiä ns. Litorina-vaiheen merenpohja-alueita, joista vapautuu happamia sulfaattiyhdisteitä, kun maa joutuu kosketuksiin ilman kanssa. Hapan aines huuhtoutuu edelleen vesistöön lumen sulamiskaudella ja runsaiden sateiden seurauksena, mikä laskee vastaanottavan vesistön pH:ta heikentäen mm. kalojen ja muun vesieliöstön elinolosuhteita.

Helcom

Itämeren alueen merellisen ympäristön suojelukomissio

Hydrografia

Veden ja vesimassojen jakautumista ja niiden sisäisiä ominaisuuksia tutkiva tieteenala.

Hygieeninen laatu

Määritellään veden sisältämien suolistobakteerien (enterokokkien tai fekaalisten streptokokkien) määrän perusteella. Asutuksen ja karjatalouden ulosteperäiset jätevedet heikentävät veden hygieenistä laatua erityisesti pienten virtaamien aikana, jolloin veden laimeneminen on vähäistä.

Ilmalaskeuma

Ilmasta pölyn ja sateen mukana maahan ja vesiin laskeutuvat hiukkaset ja kemialliset yhdisteet.

Indikaattori

Ilmaisin tai osoitin, jonka avulla voidaan näyttää toteen jokin reaktio tai muutos.

Bioindikaattorit ilmaisevat ympäristön tilaa ja muutoksia.

Kasviplankton

Mikroskooppisen pieniä vedessä keijuvia leviä. Kasviplanktonlajisto määritetään käänteis-mikroskoopilla. Kasviplanktonsolujen, rihmojen ja yhdyskuntien biomassassa mitataan märkä-painona veden tilavuusyksikköä kohden.

Kerrosteisuus

Lämpötilakerrosteisuus

Lauhkean ja viileän ilmastovyöhykkeen vesialtaissa vallitseva tilanne, jossa vesimassassa erottuvat kesällä ja talvella selvät erilliset kerrokset. Kesällä pinnalla on lämmin päällysvesi, välissä harppauskerros, alla kylmä alusvesi. Syksyllä säiden kylmetessä alkaa täyskierto, jossa vesimassat sekoittuvat. Sitä seuraa talvikerrosteisuus, jossa on pinnalla kylmä vesi ja pohjalla +4-asteinen vesi. Ks. halokliini, kumpuaminen, termokliini, täyskierto.

Suolakerrosteisuus

Sekä murto- että suolaisissa vesissä vesimassat kerrostuvat suolapitoisuuden mukaan.

Suolaisempi vesi pysyy raskaampana pohjalla, välissä on halokliini ja makeampi vesi on pinnalla. Ks. halokliini.

Kiintoaine

Vedessä oleva hiukkasmainen aines. Sen määrää mitattaessa suodatetaan tietty vesimäärä tiheän kalvon läpi, minkä jälkeen kalvo kuivataan ja punnitaan. Mittayksikkönä on milligrammaa litrassa.

Klorofylli

Kasvien vihreä väriaine eli lehtivihreä. Tavallisimmat väriaineet ovat sinivihreä *a*-klorofylli ja keltavihreä *b*-klorofylli. Kasveissa on myös *c*-, *d*- ja *e*-klorofyllejä ja bakteereissa ns. bakteeriklorofylliä. Ks. *a*-klorofylli.

Kokonaisfosfori (Kok-P)

Ilmaisee veden sisältämän fosforimäärän tilavuusyksikköä kohti. Mittayksikkönä on mikrogrammaa litrassa.

Kokonaistyyppi (Kok-N)

Ilmaisee veden sisältämän typpimäärän tilavuusyksikköä kohti. Mittayksikkönä on mikrogrammaa litrassa.

Kumpuaminen

Merivirtojen rannikoilla aikaansaamat pystysuuntaiset virtaukset, jotka tuovat syvällä olevaa vettä ja sen mukana ravinteita pintakerrokseen. Ks. kerrosteisuus.

Luonnonhuuhtouma

Maaperästä vesistöön luontaisesti, ilman ihmistoiminnan vaikutusta huuhtoutuva ainemäärä.

Minimiravinne

Ravinne, jonka saatavuus eniten rajoittaa kasvien kasvua. Minimiravinteen lisäys lisää tuotantoa, koska kaikkia muita tuotantotekijöitä on riittämiin tarjolla. Minimiravinne on yksi eliölajin niukkuustekijöistä, muita ovat mm. lämpötila, ravinto, valaistus tai kosteus.

Murtovesi

Vesi, jonka suolapitoisuus vaihtelee makean veden ja valtamerten suolapitoisuuden välillä. Tunnetuimmat murtovesialtaat ovat Kaspienmeri, Itämeri ja Mustameri. Lisäksi murtovettä esiintyy valtameriin laskevien jokien suistoissa.

Nitraatti

Typpihapon suola tai ioni. Ionimuodossa kasvien pääasiallinen typpilähde. Nitraatin on pelkistytävä kasvilla nitriitiksi ja edelleen ammoniumiksi ennen typen liittymistä aineenvaihduntaan. Nitraatti-, nitriitti- ja ammoniumtyypit ovat typen epäorgaanisia, kasvitutannolle käyttökelpoisia jakeita.

Näkösyvyys

Veden läpinäkyvyys. Sen mittaukseen käytetään halkaisijaltaan 25-senttistä valkoista metalliekikkoa, jonka keskeltä lähtevässä narussa on mitta-asteikko metreinä. Kiekko upotetaan veteen ja seurataan, miten syvällä se häviää näkyvistä.

Perifyton eli päällyskasvusto

Kivien tai vesikasvien pintaan kiinnittyneet mikroskooppiset levät (päällyslevät) ja muut eliöt sekä niiden jäänteet.

Perustuotantokyky

Levien kasvuaktiviteetti laboratorio-oloissa vakiovalossa ja -lämpötilassa. Perustuotantokykyä mitattaessa vesinäyte jaetaan kahteen pulloon, joihin lisätään ¹⁴C-liuosta. Toinen pulloista peitetään alumiinifoliolla ja näytteitä inkuboidaan laboratoriossa 24 tuntia 20±2 asteen lämpötilassa. Perustuotanto voidaan mitata myös luonnonoloissa (ns. *in situ*-perustuotanto). Tällöin vettä otetaan kustakin näytteenottosyvyydestä kahteen pulloon ja pulloihin lisätään ¹⁴C-liuosta. Toinen kunkin näytteenottosyvyyden pulloista pimennetään, ja pulloja pidetään 24 tuntia siinä syvyydessä, josta ne on otettu. Sen jälkeen näytteistä määritetään epäorgaanisen hiilen pitoisuus ja radioaktiivisuus. Perustuotantokyky ja *in situ*-perustuotanto lasketaan valossa ja pimeässä tapahtuneen hiilen sitoutumisen erotuksena. Tulokset ilmoitetaan yhteytetyn hiilen määränä tilavuusyksikköä kohti vuorokaudessa.

pH

Happamuutta ilmaiseva vetyioniväkevyyden negatiivinen logaritmi. Mitä pienempi luku on, sitä suurempaa happamuutta se ilmaisee. pH 7 on neutraali, suuremmat lukemat kuvaavat emäksisyyttä.

Pistekuormitus

Tarkoin tiedossa olevasta kohteesta (esim. tehtaasta tai jätevedenpuhdistamosta) peräisin oleva kuormitus.

Raumanmeri

Selkämeren eteläosan vanha nimi.

Ravinteet

Mm. levien kasvulle välttämättömiä, vesistön biologista perustuotantoa sääteleviä aineita, joista tärkeimmät ovat fosfori ja typpi. Vesistöön kulkeutuvat ravinteet ovat peräisin monista eri kuormituslähteistä. Ravinteiden määrän kasvu lisää vesistön rehevyyttä.

Rehevöityminen

Vesistössä tapahtuva planktonlevien ja muun pieneliöstön haitallinen runsastuminen.

Sameus

Epäorgaanisen kiintoaineksen ja eloperäisen aineksen aiheuttama veden läpikuultavuuden väheneminen. Sameuden yksikkö on FTU (Formazin Turbidity Units) tai FNU (Formazine Nephelometric Units) ja se mitataan tarkoitukseen valmistetulla mittarilla.

Sedimentaatio

Vedessä tai ilmassa olleen hiukkasmaisen aineksen laskeutuminen ja kerrostuminen vesistön pohjalle tai maanpinnalle sedimentiksi.

Sinilevät eli syanobakteerit

Mikroskooppisen pieniä kasviplanktoniin kuuluvia eliöitä, joita tavataan kaikkialla luonnossa. Runsasravinteisessa vedessä tietyt sinilevälajit voivat runsastua massaesiintymäksi, joka tyyninä ja lämpiminä sääjaksoina kohoaa veden pintaan silmin havaittavaksi kerrokseksi eli sini-leväkukinnaksi. Eräät sinilevälajit ovat myrkyllisiä.

Sisäinen kuormitus

Vesistökuormitus, joka syntyy ravinteiden vapautuessa pohjasedimentistä.

Suotautuminen

Veden hidaskulku huokoisessa väliaineessa, tihkuminen.

Sähkönjohtavuus

Mittaa vedessä olevien suolojen määrää. Mittayksikkönä on millisiemensia metrillä (mS/m). Sähkönjohtavuutta lisäävät natrium, kalium, kalsium, magnesium sekä kloridit ja sulfaatit. Suomen vedet ovat vähäsuolaisia, koska kallioperä on heikosti rapautuvaa. Tästä johtuu myös huono puskurikyky (ks. alkaliniteetti). Murtovesien sähkönjohtavuus on selvästi korkeampi kuin makeiden vesien.

Termokliini

Järvissä ja merissä kesäisin esiintyvä lämpötilan harppauskerros, jossa lämpötila alenee nopeasti syvemmälle siirryttäessä. Ks. kerrosteisuus.

Topografia

Maankuoren pinnan muodot.

Täyskierto

Ks. kerrosteisuus.

Ulkoinen kuormitus

Kuormitus, joka tulee vesistöön suoraan jätevesikuormituksena, ainevirtaamana tulo-uomien ja lähivaluma-alueen ojien kautta, pohjavesivirtauksena sekä ilmasta sateen mukana tai kuivalaskeumana (vrt. sisäinen kuormitus).

Valuma-alue

Se alue, jolta vesi virtaa tiettyyn uomaan tai vesistöön.

Velvoitetarkkailu

Ympäristön tilan seuranta tai tarkkailua, joka toteutetaan viranomaisten hyväksymän ohjelman mukaisesti (piste)kuormittajan kustannuksella oletetulla kuormitusalueella.

VEPS

Ympäristöhallinnon laskentajärjestelmä, jonka avulla määritetään eri ravinteiden osuus kokonaiskuormituksesta.

Vesistöalue

Tietyn valuma-alueen vesialueista muodostuva kokonaisuus.

Vesitase

Tulevien, lähtevien ja varastoituvien vesimäärien esitys kirjanpidon kaltaisessa muodossa.

Virtaama

Vesimäärä, joka aikayksikössä virtaa uoman poikkileikkauksen läpi. Yksikkönä on yleensä kuutiometriä tai litraa sekunnissa.

Liitetaulukko 1. Selkämeren eteläosaan (Uusikaupunki–Eurajoki) laskevien jokien vedenlaatu
(n= havaintojen määrä, x= aritmeettinen keskiarvo, sd= keskihajonta)

1990-2003

	Sirppujoki			Lapinjoki			Eurajoki		
	n	x	sd	n	x	sd	n	x	sd
Keskivirtaama m ³ /s	4748	2,94	4,98	5113	3,31	4,65	5113	8,36	7,75
Happipitoisuus mg/l	78	10	1,8	56	9,2	1,7	222	11	1,7
Happikylläisyys %	78	84	11	56	77	11	222	92	6,3
Sameus FNU	78	19	17	56	12	9,5	222	22	24
Sähkönjohtavuus mS/m	78	37	11	56	17	4,3	222	19	5
COD _{Mn} mg O ₂ /l	78	14	4,2	56	16	6,3	210	11	4,4
Kokonaistyyppi µg/l	132	3470	1920	56	1840	752	243	2030	1010
Ammoniumtyppi µg/l	115	476	472	56	144	132	204	261	224
Kokonaisfosfori µg/l	131	51	32	56	45	18	242	69	60

1980-luku

	Sirppujoki			Lapinjoki			Eurajoki		
	n	x	sd	n	x	sd	n	x	sd
Keskivirtaama m ³ /s	3653	4,38	6,15	3653	4,06	5,91	3653	11,91	9,54
Happipitoisuus mg/l	50	9,9	1,6	39	9,7	1,6	98	11	1,8
Happikylläisyys %	47	82	11	39	82	7,1	96	94	6,5
Sameus FNU	48	22	14	39	8,7	8,3	88	12	13
Sähkönjohtavuus mS/m	58	31	11	40	15	3,2	98	18	5,5
COD _{Mn} mg O ₂ /l	53	15	5,6	40	17	5,3	97	10	4,1
Kokonaistyyppi µg/l	52	2650	1130	38	1480	679	96	1480	692
Ammoniumtyppi µg/l	18	469	431	39	163	145	61	303	226
Kokonaisfosfori µg/l	55	81	50	40	49	18	98	56	33

1970-luku

	Sirppujoki			Lapinjoki			Eurajoki		
	n	x	sd	n	x	sd	n	x	sd
Keskivirtaama m ³ /s	3652	3,30	5,16	3624	3,12	5,21	3652	8,65	9,06
Happipitoisuus mg/l	43	9,3	1,6	48	9,2	1,6	72	11	1,7
Happikylläisyys %	47	81	12	48	80	7,6	73	90	8,1
Sameus FNU	30	12	7	35	6,8	2,5	49	9,9	6,1
Sähkönjohtavuus mS/m	48	44	14	49	19	4	74	20	6,1
COD _{Mn} mg O ₂ /l	47	12	6	48	13	5,1	73	10	6,5
Kokonaistyyppi µg/l	48	2340	968	49	1260	483	74	1430	796
Ammoniumtyppi µg/l	14	647	441	39	224	149	37	350	180
Kokonaisfosfori µg/l	47	55	56	49	36	17	73	73	115

Liitetaulukko 2. Selkämeren eteläosaan (Luvia–Merikarvia) laskevien jokien vedenlaatu
(n= havaintojen määrä, x= aritmeettinen keskiarvo, sd= keskihajonta)

1990-2003

	Harjajuopa			Kokemäenjoki			Karvianjoki/Eteläjoki			Karvianjoki/Merikarvianjoki		
	n	x	sd	n	x	sd	n	x	sd	n	x	sd
Keskivirtaama m ³ /s		1,2			235			24,4 ¹⁾				
Happipitoisuus mg/l	28	8,6	2,7	193	11	1,8	82	11	1,7	117	11	1,5
Happikylläisyys %	28	69	11	193	86	7,9	81	93	5,5	116	88	5,7
Sameus FNU	28	18	16	174	19	24	82	12	16	118	7,1	2,8
Sähkönjohtavuus mS/m	26	25	40	191	11	1,6	82	8,3	1,3	118	7,7	2,0
COD _{Mn} mg O ₂ /l	28	17	6,0	190	10	1,5	82	17	5,1	116	20	4,2
Kokonaistyyppi µg/l	28	2080	981	194	1210	609	82	1140	524	117	944	279
Ammoniumtyppi µg/l	28	656	671	192	81	64	67	55	56	117	43	42
Kokonaisfosfori µg/l	28	65	60	194	49	29	82	61	35	117	46	9,1

¹⁾ Karvianjoen kokonaisvirtaama

1980-luku

	Harjajuopa			Kokemäenjoki			Karvianjoki/Eteläjoki		
	n	x	sd	n	x	sd	n	x	sd
Keskivirtaama m ³ /s		1,2			274			27,2	
Happipitoisuus mg/l	15	9,6	2,2	85	10	1,9	39	11	1,6
Happikylläisyys %	15	79	6,4	85	83	12	39	91	6,0
Sameus FNU	15	12,5	4,5	86	14	12	23	6,9	2,6
Sähkönjohtavuus mS/m	12	16,4	1,8	82	11	1,5	40	8,3	1,8
COD _{Mn} mg O ₂ /l	15	17	5,0	82	13	2,1	40	17	4,9
Kokonaistyyppi µg/l	15	1223	356	86	1110	301	38	989	157
Ammoniumtyppi µg/l	15	282	180	50	89	49	4	71	51
Kokonaisfosfori µg/l	15	52	15	86	57	16	62	13	18

1970-luku

	Harjajuopa			Kokemäenjoki			Karvianjoki/Eteläjoki		
	n	x	sd	n	x	sd	n	x	sd
Keskivirtaama m ³ /s					212			24,4	
Happipitoisuus mg/l				48	8,6	1,9	20	11	1,7
Happikylläisyys %				48	74	17	20	92	4,7
Sameus FNU				26	14	21	8	8,6	5,7
Sähkönjohtavuus mS/m				46	13	1,9	19	10	1,7
COD _{Mn} mg O ₂ /l				48	19	4,1	20	16	5,2
Kokonaistyyppi µg/l				47	1140	473	20	953	221
Ammoniumtyppi µg/l				8	213	74	4	114	86
Kokonaisfosfori µg/l				50	78	39	20	75	83

Julkaisija	Lounais-Suomen ympäristökeskus	Julkaisu-aika kesäkuu 2005
Tekijä(t)	Maija Sarvala ja Jouko Sarvala (toim.)	
Julkaisun nimi	Miten voit, Selkämeri?	
Julkaisun osat/ muut saman projektin tuottamat julkaisut		
Tiivistelmä	<p>Miten voit, Selkämeri? -julkaisussa käsitellään Selkämeren Suomen-puoleista aluetta Saaristomeren pohjoisreunalta Merikarvian pohjoisrajalle. Julkaisu tuotettiin vuosina 2004–2005 yhteishankkeena, jonka vastuutaho oli Rauman kaupunki. Muita osapuolia olivat Porin kaupunki, Kemira Pigments Oy (Pori), Teollisuuden Voima Oy (Olkiluoto), Rauman metsäteollisuus (UPM-Kymmene Oyj Rauma ja Oy Metsä-Botnia Ab Rauma), Uusikaupunki (Uudenkaupungin Vesi), Kemira GrowHow Oyj Uudestakaupungista sekä Turun yliopiston Merenkulkualan koulutus- ja tutkimuskeskuksen (MKK) Porin yksikkö. Satakuntaliitto ja Lounais-Suomen ympäristökeskus olivat mukana hanketyössä ja avustivat hanketta Euroopan aluekehitysrahaston varoista.</p> <p>Julkaisussa tarkastellaan Selkämeren tilan kehitystä, erityisesti vedenlaatua ja siihen vaikuttavia tekijöitä. Kirjoittajina on Selkämeren tutkijoita sekä vesiensuojelun ja merialan asian-tuntijoita. Ensimmäisessä julkaisussa on tarkoitettu Selkämeren vesiensuojelun kehittämisen työvälineeksi, mm. Satakunnan vesistöjen tilan parantamishjelmassa (SATAVESI). Julkaisun tarkoituksena on myös lisätä tietoa Satakunnan rannikkoalueen erityispiirteistä ja vetovoimatekijöistä sekä alueella jo tehdystä vesiensuojelutyöstä, muun muassa teollisuuden innovaatioista päästöjen vähentämisessä.</p> <p>Selkämeri on Suomenlahteen ja Saaristomereen verrattuna melko hyvässä kunnossa. Rehevöitymisen merkkejä on kuitenkin havaittu. Yhdyskunta- ja teollisuusjätevesien tehostunut puhdistus on parantanut oleellisesti purkualueiden tilaa, mutta lievästi rehevöityneet vesialueet ovat samaan aikaan laajentuneet. Jätevesien käsittelyssä on päästy tasolle, jolla lisätehostaminen tuottaa vain pieniä parannuksia merialueen tilaan. Ulkoista kuormitusta voitaneen nyt vähentää parhaiten pienentämällä maatalousperäistä hajakuormitusta. Selkämeren tilaan vaikuttaa lisäksi muilta merialueilta tuleva kuormitus. Virtaukset tuovat Saaristomereltä ravintekasta vettä, jonka rehevöittävä vaikutus näkyy ainakin eteläisellä Selkämerellä. Saaristomeren tilan parantaminen on siten tärkeää myös Selkämeren kannalta.</p>	
Asiasanat	veden laatu, kuormitus, ravinteet, jätevedet, teollisuus, kalankasvatus, maatalous, haja-kuormitus, rehevöityminen, Selkämeri, Saaristomeri, Itämeri, saaristo	
Julkaisusarjan nimi ja numero	Ympäristön tila Lounais-Suomessa 4	
Julkaisun teema		
Projektihankkeen nimi ja projektinnumero		
Rahoittaja/ toimeksiantaja	Satakuntaliiton ja Lounais-Suomen ympäristökeskuksen Euroopan aluekehitysrahaston varoista avustama hanke, jonka omahoittajina olivat Rauman kaupunki (hakija), Porin kaupunki, Uusikaupunki (Uudenkaupungin Vesi), Kemira Pigments Oy (Pori), Teollisuuden Voima Oy (Olkiluoto), Rauman metsäteollisuus (UPM-Kymmene Oyj Rauma ja Oy Metsä-Botnia Ab Rauma) ja Kemira GrowHow Oyj (Uusikaupunki).	
Projektiryhmään kuuluvat organisaatiot	ISSN 1456-1778 ISBN 951-614-052-1 951-614-053-X [PDF] Sivuja 144 Kieli suomi Luottamuksellisuus Julkinen Hintaa	
Julkaisun myynti/ jakaja	Lounais-Suomen ympäristökeskus, PL 47, 20801 TURKU, puh. (02) 525 3500	
Julkaisun kustantaja	Lounais-Suomen ympäristökeskus	
Painopaikka ja -aika	Satakunnan Painotuote Oy, Kokemäki 2005	

Presentationsblad

Utgivare	Sydvästra Finlands miljöcentral	Datum	juni 2005
Författare	Maija Sarvala och Jouko Sarvala (red.)		
Publikationens titel	Miten voit, Selkämeri?		
Publikationens delar/ andra publikationer inom samma projekt			
Sammandrag	<p>I publikationen Miten voit, Selkämeri? (Hur mår du, Bottenhavet?) behandlas Bottenhavets område på den finska sidan från norra randen av Skärgårdshavet till nordgränsen av Sastmola. Publikationen producerades som ett samprojekt åren 2004 - 2005 med Raumo stad som ansvarig part. De andra parterna var Björneborgs stad, Kemira Pigments Oy (Björneborg) Teollisuuden Voima Oy (Olkiluoto), Rauman metsäteollisuus (UPM-Kymmene Oyj Raumo och Oy Metsä-Botnia Ab Raumo), Nystad (Uudenkaupungin Vesi), Kemira GrowHow Oyj från Nystad samt Sjöfartsbranchens utbildnings- och forskningscentral vid Åbo universitet (MKK), Björneborgs-enheten. Satakundaförbundet och Sydvästra Finlands miljöcentral var med i projektarbetet och understödde projektet med medel från Europeiska regionutvecklingsfonden.</p> <p>I publikationen granskas utvecklingen av Bottenhavets tillstånd, i synnerhet vattenkvaliteten och de faktorer som påverkar den. Författarna är Bottenhavsforskare samt sakkunniga inom vattenvården och det marina området. Publikationen är i första hand avsedd som ett verktyg för utvecklandet av Bottenhavets vattenvård, bl.a. inom programmet för att förbättra tillståndet för vattensystemen i Satakunda (SATAVESI). Avsikten med publikationen är också att utöka kunskapen om kustområdets särdrag och attraktionsfaktorer i Satakunda samt om det vatten-vårdsarbete som redan utförts på området, bl.a. om industrins innovationer för att minska utsläppen.</p> <p>Bottenhavet är i rätt god kondition i jämförelse med Finska viken och Skärgårdshavet. Tecken på eutrofiering har dock observerats. En effektivare rening av samhälls- och industriavloppsvatten har väsentligt förbättrat tillståndet för utsläpps områdena i havet, men samtidigt har de svagt eutrofierade vattenområdena utvidgats. Inom hanteringen av avloppsvatten har man nått en nivå, där en ytterligare intensifiering medför endast små förbättringar i havsområdets tillstånd. Den externa belastningen torde nu bäst kunna nedbringas genom att minska den spridda belastningen från lantbruket. Bottenhavets tillstånd påverkas dessutom av den belastning som kommer från andra sjödistrikt. Strömmarna för med sig näringsbemängt vatten från Skärgårdshavet, vars eutrofierande verkan kommer till synes åtminstone i det södra Bottenhavet. Med hänsyn till Bottenhavet vore det således också viktigt att förbättra Skärgårdshavets tillstånd.</p>		
Nyckelord	vattenkvalitet, belastning, näringsämnen, avloppsvatten, industri, fiskodling, lantbruk, spridd belastning, eutrofiering, Bottenhavet, Skärgårdshavet, Östersjön, skärgård		
Publikationsserie och nummer	Ympäristön tila Lounais-Suomessa 4		
Publikationens tema			
Projektets namn och nummer			
Finansiär/ uppgångsgivare	Ett projekt av Satakundaförbundet och Sydvästra Finlands miljöcentral med bidrag av medel från Europeiska regionutvecklingsfonden och med Raumo stad (sökande), Björneborgs stad, Nystad (Uudenkaupungin Vesi), Kemira Pigments Oy (Björneborg), Teollisuuden Voima Oy (Olkiluoto), skogsindustrin i Raumo (UPM-Kymmene Abp Raumo och Oy Metsä-Botnia Ab Raumo) och Kemira GrowHow Abp (Nystad) som självfinansiärer.		
Organisationer i projektgruppen	ISSN 1456-1778 ISBN 951-614-052-1 951-614-053-X [PDF] Sidantal 144 Språk finska Offentlighet Offentlig Pris		
Beställningar/ distribution	Sydvästra Finlands miljöcentral, PB 47, 20801 ÅBO, Finland, tel.+358 2 525 3500		
Förläggare	Sydvästra Finlands miljöcentral		
Tryckeri/ tryckningsort och -år	Satakunnan Painotuote Oy, Kokemäki 2005		

Documentation page

Publisher	Southwest Finland Regional Environment Centre	Date	June 2005
Author(s)	Maija Sarvala and Jouko Sarvala (eds.)		
Title of publication	Miten voit, Selkämeri?		
Parts of publication/ other project publications			
Abstract	<p>The publication "Miten voit Selkämeri?" (How are you Bothnian Sea?) delineates the area of the Bothnian Sea situated on the Finnish side that encompasses an area from the northern margin of the Archipelago Sea to the northern boundary of Merikarvia. The publication has been produced during years 2004–2005 as a joint venture with the city of Rauma as a responsible party. Other parties were the city of Pori, Kemira Pigments Oy (Pori), Teollisuuden Voima Oy (Olkiluoto), Rauman metsäteollisuus (UPM-Kymmene Oyj Rauma and Oy Metsä-Botnia Ab Rauma), the city of Uusikaupunki (Uudenkaupungin Vesi), Kemira GrowHow Oyj from the city of Uusikaupunki as well as the Pori unit of the Turku University Centre of Maritime Studies. Satakuntaliitto and the Southwest Finland Regional Environment Centre participated in the project and supported the project with subsidies granted by the European Regional Development Fund.</p> <p>The publication examines the development of the state of the Bothnian Sea, especially the water quality and those factors affecting water quality. The authors are not only scientists conducting research on the Bothnian Sea, but also experts in water conservation and marine sciences. The publication is primarily intended as a tool for the development of water conservation in the Bothnian Sea area, e.g. for the programme of improving the water status in Satakunta (SATAVESI). The publication also intends to increase the amount of information on the particular characteristics and attraction factors of the Satakunta coastal area as well as focus on the water conservation work that has already been conducted in the area, e.g. industrial innovations contributing to decreasing discharges.</p> <p>The Bothnian Sea is in quite good condition, compared to the Gulf of Finland and the Archipelago Sea. Indications of eutrophication have however been observed. The intensified purification of municipal and industrial waste water has fundamentally improved the state of the discharge areas, but, at the same time, slightly eutrophic watercourses have expanded. A level has been achieved in the treatment of waste water, in which further intensification produces only small improvements in the state of the sea area. The best way of decreasing the external load is most likely by reducing the agricultural non-point pollution. In addition, the state of the Bothnian Sea is also affected by load from other sea areas. Currents bring nutrient water from the Archipelago Sea, whose eutrophic effect can be seen at least in the southern Bothnian Sea. Thus, improving the state of the Archipelago Sea is also important for the Bothnian Sea.</p>		
Keywords	water quality, load, nutrients, wastewaters, industry, fish farming, agriculture, non-point pollution, eutrophication, the Bothnian Sea, the Archipelago Sea, the Baltic Sea, archipelago		
Publication series and number			
Theme of publication			
Project name and number, if any			
Financier/ commissioner	<p>A project supported by Satakuntaliitto and the Southwest Finland Environment Centre with subsidies granted by the European Regional Development Fund. As the projects self-financier were the city of Rauma (applicant), the city of Pori, Uusikaupunki (Uudenkaupungin Vesi), Kemira Pigments Oy (Pori), Teollisuuden Voima Oy (Olkiluoto), the forest industry in Rauma (UPM-Kymmene Oyj Rauma and Oy Metsä-Botnia Ab Rauma) and Kemira GrowHow Oyj (Uusikaupunki).</p>		
Project organization			
	ISSN 1456-1778	ISBN 951-614-052-1	951-614-053-X [PDF]
	No. of pages 144	Language	Finnish
	Restrictions Public	Price	
For sale at/ distributor	Southwest Finland Regional Environment Centre, P.O. BOX 47, FIN-20801 TURKU.		
Financier of publication	Southwest Finland Regional Environment Centre		
Printing place and year	Satakunnan Painotuote Oy, Kokemäki 2005		

Ympäristön tila Lounais-Suomessa



kemira



Teollisuuden Voima Oy

BOTNIA



LOUNAISSUOMEN
YMPÄRISTÖKESKUS
SYDVÄSTRA FINLANDS
MILJÖCENTRAL

ISBN 951-614-052-1
ISBN 951-614-053-X [PDF]
ISSN 1456-1778



Tiedustelut:
Lounais-Suomen ympäristökeskus/
Tietopalvelu ja kirjasto, puh. (02) 525 3577

Julkaisua on saatavana myös sähköisessä muodossa
osoitteessa: www.ymparisto.fi/los